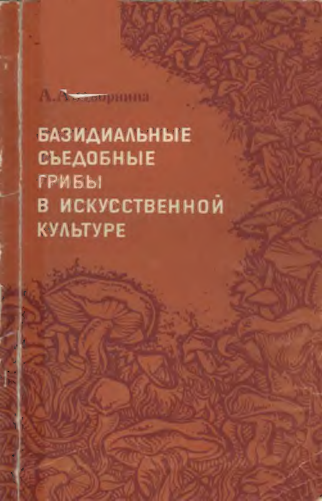


VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

А.А. Сосновина

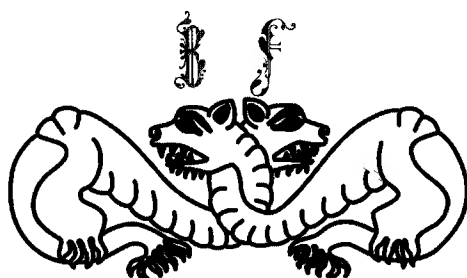
**БАЗИДИАЛЬНЫЕ
СЪЕДОБНЫЕ
ГРИБЫ
В ИСКУССТВЕННОЙ
КУЛЬТУРЕ**



АКАДЕМИЯ НАУК МОЛДАВСКОЙ ССР
Отдел микробиологии

А. А. Дворнина

БАЗИДИАЛЬНЫЕ
СЪЕДОБНЫЕ
ГРИБЫ
В ИСКУССТВЕННОЙ
КУЛЬТУРЕ



КИШИНЕВ «ШТИИНЦА» 1990

ББК 42.349
Д24

УДК 635.8:582

Монография посвящена исследованию возможности интенсивного выращивания базидиальных съедобных грибов на вторичном растительном сырье. Изложены литературные данные и результаты собственных исследований особенностей роста мицелия и плодоношения на различных целлюлозо- и лигнинсодержащих отходах сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности. Изучены процессы, происходящие в субстратах в период их подготовки. Рассматриваются химический состав и питательная ценность грибов при искусственном выращивании.

Для микологов, специалистов сельского и лесного хозяйства.

*Утверждено к изданию
Научно-издательским советом АН МССР*

Д $\frac{3704030700-54}{М 755(10)-90}$ 140—90

ISBN 5-376-00779-0

© А. А. Дворнина, 1990

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос о возможности искусственного выращивания съедобных грибов уже свыше двух тысячелетий занимает человечество. Объектом научных исследований во всем мире является более 100 000 видов. Около 300 из них относятся к крупным видам, 2% ядовиты и примерно 50 тыс. наиболее пригодны для питания человека.

Общеизвестно функциональное значение грибов в различных биогеоценозах, где они благодаря большому набору ферментов принимают активное участие в процессах деструкции и минерализации органического вещества, огромные запасы которого ежегодно накапливаются на нашей планете в основном в результате деятельности фотосинтезирующих высших и низших растений. Хотя грибы являются очень интересной в теоретическом и практическом плане группой живых организмов, в настоящее время они остаются практически не изученными. Количество грибов в окружающем человека пространстве в последнее десятилетие катастрофически сокращается. Причиной является небрежное отношение к лесу, загрязнение водоемов и воздуха. Кроме того, сбор дикорастущих грибов может осуществляться не более 4—6 месяцев в году. А спрос на грибы растет, в связи с чем возникла необходимость искусственного выращивания съедобных грибов, а также расширения ассортимента культивируемых грибов из числа дикорастущих.

Свыше 70 стран Европы, Азии, Северной и Южной Америки, Африки, Австралии в настоящее время выращивают грибы. Промышленное производство высших съедобных грибов во многих странах мира выделилось в самостоятельную высокопроизводительную отрасль — грибоводство. Мировое производство грибов интенсивно развивается: с 800 тыс. т в 1977 г. оно возросло до 1,2 млн т в настоящее время. Большую часть (до 72% продукции) культивируемых грибов составляют виды рода *Agaricus*: шампиньон

двуспоровый — *Agaricus bisporus*, шампиньон двукольцевой — *A. Bitorguis* (Schaper, 1983).

К числу перспективных микологических объектов для поверхностного и глубинного культивирования с целью получения дополнительного источника белка относятся виды рода вешенка — *Pleurotus*, ши-таке — *Leutinus eclodes*, зимний гриб — *Flammulina velutipes*, вольвариелла вольвовая — *Volvvariella volvacea*, строфария — *Stropharia rugosoannulata*, летний опенок — *Kuehnerromyces mutabilis*.

Несмотря на то, что большинство искусственно выращиваемых грибов относятся к одной и той же систематической группе — базидиомицеты, они отличаются большим разнообразием в способах питания, в отношении к субстрату. Это почвенные сапрофиты, источником питания которых являются различные органические остатки, например шампиньон двуспоровый, а также разрушители древесины, субстратом которых может служить мертвая или гнилая древесина (вешенка обыкновенная, опенок зимний, летний и др.).

Важным обстоятельством искусственного выращивания грибов является то, что в качестве субстрата для них могут быть использованы дешевые непищевые отходы, а также вторичное лигнин- и целлюлозосодержащее сырье. Этому способствует интенсификация производства, рациональное и комплексное использование сырьевых ресурсов, механизация и автоматизация технологических процессов.

В условиях Молдавской ССР исследования по культивированию высших съедобных грибов в искусственных условиях ведутся с 60-х годов. Большой вклад в развитие грибоводства республики внесли сотрудники научно-исследовательского сектора Кишиневского ордена Трудового Красного знамени сельскохозяйственного института имени М. В. Фрунзе. Ими разработаны и внедрены в производство составы питательных субстратов для культивирования шампиньона двуспорового, вешенки обыкновенной, изучаются вопросы получения посевного и посадочного материала на дешевом широкодоступном сырье, получены положительные результаты в селекции высокопродуктивных штаммов.

В АН МССР в Отделе микробиологии исследуются вопросы твердофазной ферментации базидиальных грибов на отходах сельского хозяйства и промышленности с целью получения пищевых и кормовых продуктов. Изучается возможность получения биомассы базидиальных грибов на

жидких питательных средах. Разрабатываются научные основы микробиологической трансформации вторичного растительного сырья в биологически активные вещества и продукты, обогащенные микробиологическим белком.

В монографии обобщены данные литературы и собственные исследования по вопросам интенсивного выращивания базидиальных грибов на отходах сельского хозяйства и промышленности. Освещены вопросы питания грибов, их вкусовые качества и питательная ценность. Изучены процессы, происходящие в субстратах при их подготовке. Установлена возможность получения грибной биомассы на жидких питательных средах.

Данные вопросы являются существенными и необходимыми при разработке промышленных технологий искусственного выращивания съедобных шляпочных грибов.

Глава 1.

УСЛОВИЯ И ОБРАЗ ЖИЗНИ БАЗИДИАЛЬНЫХ ГРИБОВ

Мицелий высших грибов, являясь аэробным организмом, растет и развивается в естественных условиях вегетативным путем, избегая чрезмерно влажных и заболоченных мест. При определенных условиях внешней среды он достигает биологической зрелости и образует репродуктивные органы — плодовые тела. В них развиваются споры, которые служат для размножения и распространения вида в природе половым путем. При отсутствии условий для образования плодовых тел мицелий высших грибов продолжает расти и развиваться только вегетативным путем посредством удлинения и разветвления гиф, а у некоторых видов образуются оидиоспоры и хламидоспоры. Эти биологические особенности высших грибов характерны и при культивировании в искусственных условиях.

Физиология высших грибов служила объектом изучения еще в прошлом веке, но более глубокие исследования начались в последние два-три десятилетия, когда было открыто, что некоторые плесени обладают антибиотическими свойствами, а другие могут служить источником ряда органических соединений (Фостер, 1950).

Рост и развитие каждого отдельного организма находятся в прямой зависимости от типа питательного субстрата, в котором происходят сложные физиологические и биохимические процессы, их интенсивность определяется наследственными и потенциальными качествами самого организма и факторами внешней среды. К факторам, определяемым самим организмом, относятся вид и штамм гриба, происхождение, возраст культуры, количество посевного материала, способность к вегетативному размножению и образованию биологически активных веществ, интенсивность дыхания и др.

При искусственном культивировании съедобных грибов кроме факторов, приобретенных организмом в процессе эволюции, необходимо учитывать и регулировать факторы внешней среды, влияющие на физиологические и биохими-

ческие процессы, происходящие в субстратах, на формирование плодовых тел и урожайность культуры.

К важнейшим факторам, определяющим активность гетеротрофных организмов, следует отнести наличие в среде элементов питания, создание оптимальных условий температуры, влажности, света, реакции среды.

Питание грибов

Мицелий высших грибов использует для своего роста и развития готовые вещества растительного и животного происхождения. Многие высшие грибы находятся в симбиозе с корневой системой различных древесных и травянистых растений, в результате невозможно провести границу между паразитическим и сапрофитным способом питания. В зависимости от источника питания грибы можно разделить на монофаги и полифаги. Монофаги, являясь строго специализированными организмами, используют довольно ограниченный круг источников питания и живут в основном в симбиозе. Полифаги отличаются широким диапазоном используемых источников пищи. К ним относятся большая часть гименомицетов.

В питании высших базидиальных грибов главную роль играют соединения, содержащие углерод, так как служат двум основным функциям в метаболизме этих гетеротрофных организмов: снабжают углеродом, необходимым для синтеза веществ живой клетки, и участвуют в процессах окисления, где являются единственным источником энергии (Шиврина, 1969). Кроме того, соединения углерода являются составной частью запасных питательных веществ, необходимых для роста и развития мицелия грибов, а также ферментов, регулирующих процессы усвоения. При изучении углеродного питания установлено, что лучше всего грибы потребляют глюкозу, обладающую способностью расщепляться на более простые соединения с освобождением энергии уже при слабом окислении. Вследствие этого глюкоза является биологически самым важным и универсальным источником углеродного питания при искусственном культивировании шляпочных грибов. Фруктоза эквивалентна глюкозе для роста большинства высших съедобных базидиомицетов. Грибами охотно используется ксилоза — продукт гидролиза гемицеллюлозы. Все испытанные виды шампиньона двуспорового хорошо росли на средах, в состав которых входила ксилоза. Крахмал часто является

лучшим, чем глюкоза, источником углеродного питания. Объясняется это наличием в крахмале примесей ростовых стимулирующих веществ. Кроме того, крахмал как трудно-растворимое вещество медленнее накапливает кислоты в питательном растворе, чем при потреблении глюкозы (Vohus, 1961). Мальтоза — продукт расщепления крахмала — также хорошо усваивается грибами шляпочных грибов. Установлено, что различные штаммы базидиальных грибов обладают избирательной способностью по отношению к источникам углеродного питания.

При наличии в среде слабо используемого источника углерода и источника азота в форме иона аммония в клетке может накапливаться избыток аммиака, и происходит отравление клетки. В случае потребления грибами источника углерода, использование которого сопровождается образованием органических кислот, отравление не наступит вследствие связывания избытка аммиака этими кислотами. Углерод является источником энергии для аэробных организмов и вторым важным элементом клеточной протоплазмы. Кроме того, углеродсодержащие компоненты используются мицелием высших грибов в трех направлениях: для образования клеток, запасных питательных веществ и выделения энергии, углекислого газа, воды и других продуктов обмена веществ (Russer, Spenser, 1958; Atkins, 1974). При наличии подходящего источника углерода для данного вида гриба физиологические процессы протекают нормально: образование клеточной структуры мицелия сопровождается выделением во внешнюю среду значительного количества органических кислот, ферментов, витаминов и т. д.

Азотистые соединения являются основой белков — важнейшей составной частью протоплазмы, они играют большую роль в обмене веществ у грибов. В отличие от некоторых бактерий грибы не в состоянии связывать атмосферный азот. Они могут принимать его только в форме неорганических солей или же органических азотных соединений. Самыми распространенными неорганическими источниками азота для грибов являются нитраты аммония. Исключение составляет шампиньон двуспоровый, который использует соединения аммония лишь в незначительной мере. А нитрат азота ядовит для многих видов.

Органический азот поставляют аминокислоты, протеины, пептиды и т. д. Органическим соединением азота, благоприятным для большинства грибов, является мочеви́на,

которая часто добавляется в качестве источника азота в питательные среды.

Используемые в питании грибов источники азота подразделяются на неорганические и органические соединения. К первым относятся нитраты и аммонийные соли. Установлено, что нитраты не могут использоваться мицелием высших грибов. Объясняется это недостатком каких-либо элементов, необходимых для восстановления нитратов. Аммонийные соли легко ассимилируются грибами и превосходят даже аминокислоты в этом отношении (Norkrans, 1950). Усвоение азота из аммонийных соединений регулируется концентрацией водородных ионов и другими компонентами среды.

Изучая азотное питание высших грибов, I. E. Styer (1930), Frechow (1944), G. Bohus, I. Koronczy, S. Uzonyi (1961) нашли, что лучше всего они усваивают органические азотсодержащие вещества, включающие в себя в основном белки и продукты их гидролиза, в число которых входят пептоны и аминокислоты. Пептоны — продукты неполного ферментативного гидролиза белков; в их состав входят высоко- и низкомолекулярные пептиды и даже свободные аминокислоты. Кроме того, в состав пептидов входят ростовые вещества, вследствие чего они представляют значительный интерес как органические источники азотного питания для высших грибов. Из органических соединений высшие грибы хорошо усваивают аминокислоты, обладающие способностью к дезаминированию. Помимо этого, грибы, обладая аминоавтотрофным биосинтезом (т. е. все аминокислоты строятся ими самостоятельно), могут тем не менее перестраиваться на аминогетеротрофный биосинтез, обусловленный усвоением набора аминокислот или отдельных их представителей.

Кроме источников углерода и азота грибам необходимы многочисленные минеральные элементы. Важнейшие среди них — фосфор, сера, калий, магний, микроэлементы. Эти минеральные вещества усваиваются грибами в основном в виде солей. Так, например, фосфор усваивается грибами в виде органических фосфатов, фосфат-эфиров, а также в форме фосфорной кислоты (Stoller, 1954; Schisler, Sinden, 1966).

В зависимости от источника углерода лучшими соединениями фосфора для роста грибов могут быть неорганические или органические его соединения. Фосфор принимает участие в углеводном обмене, а именно в процессах фосфорилирования при дыхании и брожении. Усвоение фосфатов

происходит лишь при наличии кислорода и усвояемых углеводов. Однако усвоение фосфора некоторыми видами грибов, обладающими способностью окислять субстрат в анаэробных условиях, может протекать и без свободного кислорода. Фосфор необходим для ферментативного превращения глюкозы в спирт и углекислоту. Он входит в состав нуклеопротеидов, наличие которых можно установить в ядре и цитоплазме любой клетки. При недостаточном содержании фосфора в среде нарушается усвоение азота и замедляется синтез витаминов: тиамина, рибофлавина и никотиновой кислоты. Кроме того, недостаток фосфора может вызвать различные нарушения в процессах обмена и в первую очередь утилизации глюкозы. В организме грибов фосфор может переходить в так называемые макроэнергетические соединения, являющиеся источниками большого количества потенциальной энергии.

Сера как составная часть аминокислот и витаминов — тиамина и биотина, а также коэнзима А — необходима для грибов. Она усваивается в виде неорганических сульфатов, которые вводятся в клетку гриба в результате редукции. Усвояемость серы определяется степенью ее окисления и специфической структурой молекулы органических соединений, содержащих этот элемент. Соединения серы стимулируют протеолитическую активность. Сера играет большую роль в структуре клеток, так как является составной частью белков в виде серосодержащих аминокислот цистеина и метионина. Сера содержится также в витаминах тиамина и биотине, входит в состав коэнзима А, участвующего в обмене жирных кислот и липоидов. В грибах сера присутствует только в восстановленном виде, в форме производных сероводорода (H—S—H). Сера необходима грибам в питательной среде в сотых или тысячных долях процента.

Роль калия менее выяснена. Однако установлено, что нехватка калия вызывает торможение углеводородного обмена веществ, кроме того, при недостатке калия грибной мицелий интенсивно выделяет аммиак вследствие торможения процесса синтеза белков. Калий частично может быть заменен натрием и бериллием. Количество калия, необходимого для роста грибов, составляет от 40 до 150 мг/л питательной среды.

Кальций, как указывают некоторые исследователи, способствует развитию плодовых тел высших грибов. Он играет роль нейтрализатора органических кислот, которые многие грибы образуют очень интенсивно. Механизм действия

кальция на обменные процессы грибов неизвестен, но предполагают, что он влияет на избирательную адсорбцию клеток, снижая их проницаемость. Может подавлять активность некоторых ферментов, например фосфатазы (Saddavison, 1952).

Магний представляет собой элемент, крайне необходимый для процессов окисления. Стойких органических соединений в мицелии грибов не образует. Оптимальные концентрации магния для роста грибов связаны с оптимальными концентрациями фосфора следующим образом: на каждый ион магния необходимо 36 ионов фосфора. Вероятно, это связано с ролью магния в активизации некоторых ферментов брожения и дыхания. Магний способен нейтрализовать действие ряда ядов, например сулемы и борной кислоты, образующихся вследствие антагонизма ионов (Лилли, Барнетт, 1953).

На рост и развитие высших грибов благоприятное воздействие оказывают микроэлементы, необходимые организмам в незначительных количествах, — от 0,3 до 0,02 мг/л. Отсутствие микроэлементов вызывает различные нарушения в развитии организма. При определенных концентрациях цинка, железа, марганца, меди, кальция и некоторых других микроэлементов наблюдается стимуляция образования и роста мицелия (Lindenberg, 1944; Perlman, 1949).

Исходя из сведений о роли различных микроэлементов в физиологии грибов, Столлер (1956) предложил вводить в состав синтетических сред следующие 9 элементов: Mn, Fe, Al, Cr, Cu, Zn, B, Br, I. Он провел опыты по выявлению токсичности каждого элемента при двух крайних концентрациях, однако существенного влияния на урожайность не обнаружил. Эффективность смеси этих элементов в соломенных компостах довольно высокая: они способствуют осаждению коллоидов. Есть данные, указывающие на то, что микроэлементы повышают устойчивость высших грибов к заболеванию.

Как большинству существ, грибам для развития и размножения необходимы витамины. Это составные части ферментов, управляющие в клетках важными жизненными процессами. Многочисленные грибы могут синтезировать витамины из простых питательных веществ, однако для некоторых видов грибов витамины должны поступать в готовом виде для усвоения. Важнейшими для роста, развития и размножения грибов являются витамины B₁, B₆, B₁₂, биотин, амид никотиновой кислоты. Высшие базидиальные грибы относятся к так называемым гетеротрофным орга-

низмам в отношении одного (или нескольких) витаминов из комплекса витаминов группы В. Чаще всего эти грибы нуждаются в одном факторе, а именно в витамине В₁ (Лилли, Барнетт, 1953; Беккер, 1963).

К факторам, определяющим рост и развитие грибницы высших базидиальных грибов, следует отнести факторы окружающей среды: температура, влажность, свет, реакция среды, направленное регулирование которых при искусственном культивировании шляпочных грибов — залог быстрого роста и плодоношения грибов.

Температура

Требования съедобных базидиальных грибов к температуре на разных этапах развития определяются биологическими особенностями вида и штамма. Известно, что для большинства грибов оптимальной температурой в период разрастания грибницы является 15—22°C, однако существуют многочисленные отклонения от этого правила. Температура, оптимальная для роста мицелия, не совпадает с температурой, необходимой для плодоношения. Например, грибы рода вешенка по отношению к температуре плодоношения делятся на три группы: требующие снижения температуры до 13—15°C или холодного шока при 5°C в течение 7 суток, образующие плодовые тела при повышенной температуре (19—25°C) и образующие плодовые тела в широком диапазоне температур (15—25°C, 12—20°C). Высокие температуры убивают грибы, при этом вегетативные клетки (гифы, мицелий) значительно чувствительнее, чем споры. Холод менее опасен, особенно, когда охлаждение происходит быстро. Ниже точки замерзания большинство грибов прекращают свою жизнедеятельность, но их можно еще долго сохранять живыми. Однако частая смена охлаждения и согревания грибных культур сказывается неблагоприятно, так как при повторном кристаллообразовании в содержащих много воды клетках грибов они механически повреждаются и погибают.

Чаще всего температурный оптимум для высших базидиальных грибов находится в пределах 23—30°C. Оптимальная температура для большинства исследованных дереворазрушающих грибов 28°C. Максимальная температура находится на уровне 35—40°C. Отсутствие роста грибных культур при определенной температуре объясняется неспособностью организмов синтезировать необходимые аминокислоты или витамины (Lennison et al., 1955).

Вода

Требования базидиальных грибов к воде отличаются большей стабильностью, чем к температуре. Одним видам грибов она более необходима в период развития мицелия, другим в период размножения или образования плодовых тел. Для большинства шляпочных грибов оптимальная влажность среды равна 50%. Значительную роль влажность играет в жизни грибов-разрушителей древесины, мицелий которых хорошо развивается только при влажности 20—30%. В естественных условиях дереворазрушающие грибы хорошо развиваются при относительной влажности не более 60%. При полном насыщении древесины водой гриб развивается слабо, вглубь не заходит, мицелий его стелется по поверхности субстрата. Для прорастания спор грибам требуется в основном свободная, жидкая вода, а для прорастания мицелия достаточно влаги питательной среды и воздуха. При недостаточной влажности гриб не может нормально развиваться, пропорции между шляпкой и ножкой нарушаются, теряется упругость клеток, падает сопротивление организма. Во время инициации плодоношения влажность воздуха должна составлять 90—95%, а для развития плодовых тел — до 80%.

Свет

Свет находится во взаимодействии с температурой, влажностью, аэрацией и оказывает существенное влияние на процессы роста и плодоношения грибов (Manasheva, 1980), регулирует последовательность различных биофизических и биохимических процессов, приводящих в конечном счете к морфологическим и фототропным реакциям.

Свет влияет преимущественно на способность грибов к спороношению и к пигментированию, особенно в случае, если эти пигменты — каротиноиды. Особенно сильный эффект на появление спороношения оказывает ультрафиолетовое облучение. В фазе вегетативного развития грибов влияние света не имеет особого значения, тогда как в период плодообразования этот фактор играет решающую роль для таких грибов, как вешенка обыкновенная, зимний гриб, вольвариелла вольвовая, опенок летний и др. Например, вешенка в период роста мицелия не требует света, но в период формирования плодовых тел ей нужен коротковолновый свет, в противном случае ножки плодо-

Таблица 1. Оптимальные значения температуры и освещения для развития мицелия и плодовых тел базидиальных грибов

Вид	Развитие мицелия		Образование плодовых тел	
	Т, °С	Свет, лк	Т, °С	Свет, лк
<i>Agaricus bisporus</i>	24	—	15—17	—
<i>Agaricus bitorguis</i>	30	—	23—27	—
<i>Pleurotus ostreatus</i>	30—32	—	10—15	70—400
<i>Pleurotus florida</i>	30—32	—	17—25	70—400
<i>Flammulina velutipes</i>	25	—	9—11	0—50
<i>Kuehneromyces mutabilis</i>	25	—	17—25	25—90
<i>Volvariella volvacea</i>	35	—	30—35	300—500

вых тел остаются тонкими, шляпка становится рудиментарной или вообще не развивается. Для инициации плодоношения большинства видов рода вешенка необходимо освещение 30—40 лк (Laborde, Delmas, 1974; Iablonsky, 1975). Увеличение освещенности в этот период значительно снижает количество примордиев вешенки обыкновенной (Gyurko, 1972). При недостаточном количестве света уродливые формы плодовых тел образуются и у других видов шляпочных грибов. Избыток света отрицательно сказывается на изменении окраски шляпки гриба. Интервалы времени между периодами освещения не оказывают влияния на урожайность и морфогенез плодовых тел (табл. 1).

Необходимо отметить, что при спектральных исследованиях нецелесообразно пользоваться широко практикуемой в литературе системой единиц «люксы» и «люмены», поскольку они соответствуют спектральной чувствительности человеческого глаза, а люксметры имеют явно выраженную спектральную кривую чувствительности с максимумом при 550 нм и минимумами при 410 и 720 нм (Бисько, Дудка, 1987). Действие света может быть заменено различными окислительными процессами.

Реакция среды

Важным фактором роста и развития базидиальных грибов является реакция питательной среды. Реакция внешней среды оказывает влияние на рН клеточного содержимого. Меняя рН питательной среды, Бьюнинг, пользуясь индикаторами, наблюдал изменение рН клеточного содержимого от 4,2 до 5,0.

Установлено, что рН клеточного сока плодовых тел шляпочных грибов колеблется в пределах 5,9—6,2. Большинство видов грибов предпочитают кислые среды. Процессы роста и спороношения могут иметь различные оптимумы рН. При развитии гриба рН среды меняется. Высшие грибы хорошо развиваются при рН 6,0, однако пределы от верхней до нижней границы рН у различных видов отличаются друг от друга. В зависимости от источника углерода реакция в процессе роста гриба может сдвигаться в сторону подкисления или подщелачивания. Источники углерода, изменяя рН, играют определенную роль в образовании органических кислот. От уровня рН зависят поступление тех или иных питательных веществ в клетку, активность ферментов, образование грибами пигментов, антибиотиков, а также полового и бесполового спороношений. Значение оптимального рН для развития высших грибов определяется соотношением в среде углерода и азота. Увеличение концентрации углеводов в среде при постоянном содержании азота вызывает значительные отклонения в углеводном обмене грибов. В среде, в самом мицелии накапливаются различные продукты обмена, органические кислоты, жиры и др. Рост и развитие мицелия при этом прекращаются. рН среды можно корректировать добавлением щелочи или мела, но, как правило, необходимо использовать буферную смесь, лучше в виде фосфатного буфера.

Глава 2.

ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ И ВКУСОВЫЕ КАЧЕСТВА ГРИБОВ

Высокие питательные и вкусовые качества грибов обеспечили постоянно возрастающий спрос на них во многих странах мира, интенсивный рост производства грибов и расширение их ассортимента.

Вегетативные клетки базидиальных грибов и плодовые тела содержат 80—90% воды. В спорах воды содержится 20—25%. Однако содержание воды в плодовом теле и соответственно сухой субстанции у различных видов неодинаково. Внутри одного и того же вида оно зависит от возраста плодового тела. Молодые плодовые тела базидиомицетов содержат меньше воды и больше сухого вещества. Важнейшими веществами сухой субстанции клетки гриба являются белок, углеводы, жир, сырая клетчатка, минеральные вещества, биологически активные и ароматические вещества, витамины.

Доля отдельных компонентов зависит от многочисленных факторов: штамма культуры, вида культивирования, питательной среды, стадии плодоношения и т. д. Содержание белков, углеводов, жира, сырой клетчатки берется за основу при сравнении питательной ценности грибов и овощей, хотя это сравнение условно показательно (табл. 2).

Содержание в грибах белка, а также свободных и связанных аминокислот — один из критериев их питательной ценности. Белковые вещества грибов относятся к фосфорсодержащим глюкотеидам, они составляют нередко 50—80% (в среднем 70%) всего количества ароматических соединений. Остальные 30% приходятся на промежуточные продукты белкового обмена, к которым относятся аммонийный азот, свободные аминокислоты, органические основания, фунгин (мицетин), иногда мочевины и пуриновые соединения. Грибные белки содержат все аминокислоты, в том числе незаменимые.

Содержание свободных аминокислот в тканях плодовых тел грибов невелико — от 0,33 до 2,61, в свободном виде в

Таблица 2. Основное распределение важнейших питательных веществ в некоторых видах овощей и грибах (Woodster, Lufa, 1972)

Культура	Вода	Белок	Углеводы	Жир
Горох зеленый	73,4	6,7	17,7	0,4
Фасоль зеленая	88,9	2,4	7,7	0,2
Цветная капуста	91,7	2,4	4,9	0,2
Картофель	73,8	2,0	19,1	0,1
Сельдерей	93,7	1,3	3,7	0,2
Капуста белокочанная	98,4	1,4	5,3	0,2
Шампиньон двуспоровый	91,1	2,4	4,0	0,1
Вешенка обыкновенная	92,6	1,8	—	0,1

грибах встречаются триптофан, аргинин, тирозин, лейцин, гистидин и др.

Аммонийный азот (в виде свободного аммиака и аммониево-магниевой соли фосфорной кислоты) составляет незначительный процент от общего количества азота, находящегося в плодовых телах грибов, — от 0,18 до 2,34%.

При изучении аминокислотного состава культурального мицелия и плодовых тел трех видов базидиомицетов из порядка Agaricales, культивируемых в искусственных условиях (*Agaricus bisporus* — шампиньон двуспоровый, *Pleurotus ostreatus* — вешенка обыкновенная, *Flammulina velutipes* — зимний опенок), нами установлено, что в мицелии шампиньона двуспорового, вешенки обыкновенной и зимнего опенка в динамике развития на 4, 6, 12-й день роста количество определяемого белка ($N \times 6,25$) находилось в пределах 27,7—42,7% от сухой массы мицелия.

По данным других исследователей (Anderson, Fellers, 1942), количество сырого протеина в мицелиальной сырой биомассе различных видов высших грибов может колебаться в пределах 1,8—5,9%. При этом средний уровень белка составляет 2,7—2,8%. Концентрация сырого протеина в процентах от сухой мицелиальной биомассы может колебаться от 28,7 до 45,4, а истинного белка от 21 до 36,6 (Bell et al., 1947; Flegg, 1976). Установлено также, что количество белка в мицелии находится в зависимости от состава питательной среды, количества и формы в ней азота, условий и длительности выращивания и ряда других факторов.

При сравнении химического состава мицелия и плодовых тел грибов в некоторых случаях был выявлен более высокий процент белка в мицелии (Nattula, 1969). Установлено более чем двукратное превышение белка в мицелии вешенки обыкновенной по сравнению с плодовым те-

лом. В мицелии этого гриба содержалось 54% белка (от сухого вещества), тогда как в плодовом теле — 25,2% (Торев, 1973).

Общее содержание аминокислот в грибах составляет 25—40% сухой массы плодовых тел. 25—35% аминокислот в грибах находится в свободной форме, остальные входят в состав белка (Maggioni, Renosto, 1970).

В мицелии изучаемых нами видов грибов определено 16 аминокислот: аспарагиновая, глутаминовая, серин, глицин, треонин, аланин, валин, пролин, лейцин, β -фенилаланин, метионин, тирозин, лизин, гистидин, аргинин, триптофан. Особый интерес представляют незаменимые аминокислоты: глицин, треонин, метионин, β -фенилаланин, лейцин, валин.

Общая сумма аминокислот, а также сумма незаменимых аминокислот в мицелии шампиньона выше, чем у вешенки и зимнего опенка. Например, у шампиньона содержание валина на 4—12-е сутки колебалось в пределах 3,2—4,3 мг/г, а у вешенки — 1,8—1,9 мг/г. У зимнего опенка в первые сутки синтезируется только 1,2 мг/г валина, на 12-й день его содержание достигает уровня 2,3 мг/г. Для шампиньона характерно более высокое содержание валина, пролина, лейцина, аспарагиновой, глутаминовой кислот, для вешенки — лейцина, пролина, серина, глутаминовой кислоты, треонина, а в зимнем опенке относительно высокое содержание аспарагиновой, глутаминовой кислот по сравнению с другими кислотами.

В целом в мицелии всех видов изучаемых грибов происходило накопление аминокислотного состава на 6, 12-й день роста (табл. 3). Максимальное накопление аминокислот у шампиньона и вешенки отмечено на 6-й день роста (42—32,7 мг/г белка), у опенка — на 12-й день (31 мг/г белка).

Определение содержания белка в плодовых телах шампиньона двуспорового, вешенки обыкновенной, опенка зимнего показало, что оно находится в пределах 29,7—32,7%. На долю шампиньона приходится 32,7%, опенка зимнего — 29,7%.

При сопоставлении наших и литературных данных о содержании сырого протеина в плодовых телах высших съедобных грибов видны его значительные колебания. Широкие пределы содержания сырого протеина у штаммов отдельных видов грибов объясняют различными методами определения азота, биологическими особенностями штаммов, условиями их культивирования. Результаты проведен-

Таблица 3. Аминокислотный состав мицелия *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, *Elammulina velutipes* в динамике роста, мг/г белка

Аминокислота	День роста								
	4	6	12	4	6	12	4	6	12
Аспарагиновая	2,5	3,8	3,8	2,2	2,0	2,3	2,8	3,0	3,2
Глутаминовая	3,8	4,4	4,0	2,6	2,3	2,7	3,4	3,0	3,2
Серин	3,0	3,0	3,5	2,3	2,5	2,8	2,7	2,7	2,7
Глицин	0,8	1,2	1,1	1,7	2,4	2,2	1,3	1,5	1,7
Треонин	2,5	2,5	2,4	2,6	2,8	2,5	1,3	1,3	1,1
Аланин	3,5	3,6	3,0	2,5	1,8	2,4	1,3	1,2	1,2
Валин	4,0	3,2	4,3	1,9	1,9	1,8	1,2	1,9	2,3
Пролин	4,5	4,0	4,5	3,5	2,5	3,8	2,2	2,2	2,6
Лейцин	3,5	3,7	3,8	3,2	3,8	3,5	1,7	2,5	2,7
β-фенилаланин	1,8	1,5	1,6	0,9	0,7	0,5	1,5	1,7	1,6
Метионин	0,7	0,8	0,9	0,8	0,7	0,8	0,5	0,5	0,5
Тирозин	2,3	3,5	3,0	1,9	1,9	2,2	1,8	1,8	2,1
Лизин	1,7	2,1	2,2	1,7	1,4	1,5	1,2	0,9	1,3
Гистидин	1,7	1,9	1,9	1,7	1,3	1,5	1,4	1,7	1,8
Аргинин	2,0	2,3	2,0	1,3	1,5	1,7	1,9	1,7	2,4
Триптофан	1,2	1,3	1,0	0,8	0,8	0,5	0,2	0,3	0,3
Всего:	38,5	42,0	33,0	31,6	30,4	32,7	26,4	27,9	31,0

ных нами исследований показали, что плодовые тела шампиньона двуспорового, вешенки обыкновенной, опенка зимнего содержат 16 аминокислот, в том числе незаменимые: лизин, треонин, фенилаланин, лейцин, валин (табл. 4).

Хотя качественный состав аминокислот у исследуемых видов грибов одинаков, существуют значительные различия как по общему составу, так и по содержанию отдельных аминокислот. Количество аминокислот в плодовых телах шампиньона двуспорового, вешенки обыкновенной, зимнего опенка колеблется от 24,8 до 34,5 мг/г. Наибольшее количество незаменимых аминокислот приходится на долю шампиньона двуспорового—от 0,2 до 3,2 мг/г. Для этого вида гриба характерно наибольшее количество аспарагиновой, глутаминовой кислот, а также серина, глицина, треонина, аланина, валина, лейцина, тирозина, гистидина по сравнению с двумя другими видами грибов.

Исследование состава свободных аминокислот спиртовых гидролизатов пяти многоспоровых штаммов шампиньона двуспорового (*A. bisporus*) показало значительную разницу как по содержанию общего количества, так и по содержанию отдельных аминокислот. Наибольший процент свободных аминокислот изученных штаммов шампиньона двуспорового составляют пролин и аланин—33,1—52,2% суммы аминокислот. В наших исследованиях высокое со-

Таблица 4. Аминокислотный состав плодовых тел *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, *Elammulina velutipes*, мг/г

Аминокислота	A. bisporus	P. ostreatus	F. velutipes
Аспарагиновая	2,5	1,7	1,4
Глутаминовая	3,0	1,9	2,5
Серин	3,2	2,0	2,1
Глицин	1,9	1,5	1,5
Треонин	1,8	1,7	1,0
Аланин	3,2	2,1	1,9
Валин	2,8	0,7	1,9
Пролин	3,5	5,2	1,7
Лейцин	2,7	2,0	1,3
β -фенилаланин	0,7	0,2	1,2
Метионин	0,2	0,7	0,4
Тирозин	2,5	1,5	1,7
Лизин	2,7	1,6	1,9
Гистидин	1,3	0,9	2,2
Аргинин	1,8	0,8	2,5
Триптофан	0,7	0,3	0,3
Всего:	34,5	24,8	24,5

держание пролина (5,2 мг/г) отмечено у вешенки обыкновенной, а также у шампиньона двуспорового (3,5 мг/г белка).

У этого же вида гриба количество аланина было выше (3,2 мг/г белка), чем у вешенки и опенка зимнего; в белых грибах их содержание в общем количестве аминокислот также высоко — 34,3%. В плодовых телах всех изученных штаммов шампиньона двуспорового по сравнению с белым грибом меньше гистидина, метионина, цистина, β -фенилаланина и тирозина (Дворнина, 1978, 1987а, б). Нами установлено невысокое содержание гистидина, метионина и β -фенилаланина в плодовых телах шампиньона, вешенки и опенка.

Содержание тирозина в исследуемых видах грибов составляет от 1,5 до 2,5 мг/г белка. Другими исследователями в плодовых телах грибов найдены цистин, γ -аминобутириловая кислота, аниlid глютаминовой кислоты и орнитин.

Ценность грибов как продукта питания не только в больших количествах белка и других белковых веществ. Они характеризуются также наличием углеводов, липидов, витаминов, минеральных веществ, в том числе микроэлементов. Углеводов в плодовых телах грибов меньше, чем азотистых веществ. Углеводные соединения в клетках грибов состоят в основном из глюкозы и галактозы. Стенки клеток содержат хитин и целлюлозу, они представляют до-

лю сырой клетчатки в грибах, которая, как известно, трудно переваривается, однако стимулирует пищеварение. В грибах найдены углеводы в виде сахаров: маннит, трегалоза (грибной сахар), называемая микозой. В молодых растущих плодовых телах гриба сахаров содержится значительно больше, чем в выросших и тем более старых. Из полисахаридов обнаружен гликоген — животный крахмал, грибная клетчатка — фунгин и гемицеллюлоза. В состав фунгина в отличие от клетчатки высших растений входят азотистые вещества, сходные по составу с хитином насекомых. Фунгин снижает переваримость грибов. Гликоген, как и трегалоза, отличает грибы от других растительных организмов, из которых важнейшим полисахаридом является крахмал.

Количество углеводов в базидиальных грибах изменяется в зависимости от вида гриба, условий его произрастания и других факторов. Оно может быть весьма незначительным или достигать сравнительно высокого уровня (24,1%).

Содержание жиров у съедобных грибов сравнительно невелико, что имеет свои преимущества: этот жир состоит частично из лецитина, обладающего большим питательно-физиологическим эффектом. В жирах, синтезированных грибами, были найдены обычные жирные кислоты — пальмитиновая и олеиновая. Основным фактором, от которого зависит образование жиров, является соотношение между углеродом и азотом в среде. При недостаточном снабжении азотом образуется мало жира; если же в среде содержится достаточно углеводов и запасы азота исчерпаны, то синтезируется жир. Б. Б. Столлер (1956) обозначил эти два процесса как синтез белка и синтез жира.

Известно, однако, что жирнокислотный состав липидов базидиальных грибов в плодовых телах и в мицелии различается незначительно, хотя в процессе роста мицелия наблюдаются изменения в количественном соотношении отдельных жирных кислот в зависимости от состава среды (Соломко и др., 1984). Содержание липидов колеблется у грибов в зависимости от вида, а также части плодового тела. Установлено, что в шляпках белых грибов свободные липиды составляют 4,65%, тогда как в ножках 2,52%. Среди насыщенных кислот у высших грибов преобладала пальмитиновая кислота, а из ненасыщенных основными были линолевая и олеиновая. Содержание жира зависит от вида гриба, состава питательной среды, соотношения в ней азота и углерода, возраста культуры, условий культивиро-

вания (Leitchfield, 1967; Sugimori et al., 1971; Дворнина, 1978).

Съедобные грибы накапливают в плодовых телах также различные органические кислоты. В оболочках клеток многих съедобных грибов присутствует щавелевая кислота в значительном количестве в виде щавелево-кислой извести. Во многих съедобных макромицетах содержится фумаровая кислота, а также обнаружены яблочная, винная и другие кислоты (Дудка, Вассер, 1987).

Съедобные шляпочные грибы богаты витаминами. В их плодовых телах обнаружены витамины А, В, В₁, В₂, С, D. В 1 кг свежих грибов содержится 1,12 мг витамина В₁, 5,52 — В₂, 86 — РР, 23,8 мг — пантатеновой кислоты. Витамины группы А содержатся в грибах в незначительном количестве, а группы Е практически отсутствуют. Аскорбиновой кислоты (витамин С) в грибах немного. Наибольшие ее количества найдены в плодовых телах шампиньона двуспорового *Agaricus bisporus* (Altamura et al., 1967). Установлено, что многие виды съедобных грибов содержат значительные количества витамина В₂ (рибофлавина) и превосходят по этому показателю овощи и злаки (Шиврина, Корякина, 1966). Высокое содержание рибофлавина свойственно плодовым телам чешуйчатки намеко (*Pholiota nameko* I.) — 146 мг/кг сухой массы (Горленко, 1983). В плодовых телах шампиньона двуспорового количество рибофлавина составляет 37—50 мг/кг сухой массы (Altamura, Robbins, Andreotti, 1987; Watt, Merrill, 1963).

Нами установлено, что в плодовых телах шампиньона двуспорового в зависимости от штамма гриба количество рибофлавина колеблется от 0,97 до 1,57 мг%, витамина В₁ — от 0,28 до 0,92 мг%, витамина РР — от 27,2 до 51,7 мг%. По данным Горленко (1973), плодовые тела вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus*) содержат наибольшее среди всех съедобных грибов количество витамина РР (никотиновой кислоты) — 1087 мг/кг сухой массы. По нашим данным, в грибах рода *Pleurotus* концентрация витамина РР колеблется в пределах 483—764 мг/кг сухой массы. Количественный и качественный состав витаминов в плодовых телах съедобных грибов сравним с составом витаминов в молоке и говядине, отсюда следует, что некоторые штаммы шампиньона двуспорового и вешенки обыкновенной могут войти в число дополнительных ценных источников витаминов для человека.

В плодовых телах съедобных грибов найдены значительные количества минеральных веществ: калия, фосфо-

ра, натрия, кальция. В составе минеральных солей плодовых тел грибов много микроэлементов, в том числе цинка, меди, мышьяка, марганца и йода (Орлов, 1953). Медь в плодовых телах многих грибов содержится примерно в таких количествах, как в овощах. Содержание мышьяка, марганца, йода в плодовых телах съедобных грибов невелико, хотя в некоторых конкретных случаях может выходить за пределы обычной нормы.

Таким образом, исходя из представленной характеристики химического состава, а также питательной ценности, базидиальные грибы можно рассматривать как полноценный продукт питания, содержащий все необходимые вещества (белки, углеводы, жиры, витамины, минеральные соли), которые обеспечивают рост и развитие человеческого организма, поддерживают его жизнедеятельность. По многим показателям грибы не уступают целому ряду других широко употребляемых населением продуктов питания. На этом основании их можно рекомендовать как вкусный, ароматический и питательный продукт, учитывая, однако, при этом особенности их химического состава, в частности худшую перевариваемость грибного белка по сравнению с животным (Дудка, Вассер, 1978).

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ШАМПИНЬОНОВОДСТВА

Развитие шампиньоноводства имеет свою многовековую историю. Сейчас уже просто невозможно установить, когда и где впервые стали заниматься разведением шампиньонов. Предполагается, что первоначально эта культура появилась в Италии, откуда проникла во Францию. В XVII—XIX вв. именно во Франции промышленное выращивание шампиньонов получило наибольшее развитие, чему в немалой степени способствовало наличие там старых заброшенных каменоломен. В них в течение всего года сохраняется стабильная температура (12—14°C), чрезвычайно благоприятная для роста шампиньонов. Из Франции культура шампиньонов в XVIII в. перешла в Англию, Германию и другие страны Европы, а также в США. В середине XVIII в. эти грибы начали выращивать и в России.

В процессе культивирования шампиньонов совершенствовалась технология, улучшалось качество грибницы. В начале XX в. важные научные разработки американских ученых позволили усовершенствовать методы культивирования грибов, причем особое значение имело создание Синденом в 1932 г. надежного метода подготовки посевного мицелия.

Сразу после окончания второй мировой войны производство грибов быстро восстанавливается и достигает довоенного уровня, причем искусственное выращивание грибов начинает развиваться в других странах Европы, особенно в Нидерландах, Италии и странах Скандинавского полуострова. В 1950—1960 гг. производство шампиньонов увеличивается ежегодно в среднем на 8%. В это же время искусственное выращивание грибов начинает развиваться в Японии, Австралии, Новой Зеландии и на Тайване. В 1960—1970 гг. уровень производства грибов ежегодно возрастает до 12%. В период 1970—1980 гг. мировое производство шампиньонов продолжает расти, причем наиболее значительно в Индии, Пакистане, некоторых странах Африки и Южной Америки, в Южной Корее и Китае. В настоящее

время производство шампиньонов превышает 900 тыс. т в год. Широкому распространению культуры способствовали следующие причины: возможность выращивания в приспособленных помещениях (теплицах, штольнях, подвалах) при создании оптимальных условий микроклимата; простота технологии получения грибницы в искусственных условиях, позволившая решить проблему использования качественного посадочного материала (Hayes, Wright, 1979).

Искусственное выращивание шампиньонов дает возможность культивировать этот гриб в различных географических зонах. Повышение эффективности используемых методов выращивания позволит увеличить доступность грибных продуктов для населения.

У нас в стране шампиньоны выращивают в пригородных овощных хозяйствах почти всех крупных городов. Под Москвой, Ленинградом, Киевом, Кишиневом, Одессой и Свердловском и вблизи других городов созданы и успешно работают круглый год специализированные цехи по производству грибов. Для более интенсивного развития в нашей стране грибоводства в совхозе «Заречье» Московской области пущен в эксплуатацию завод по производству мицелия съедобных грибов. Мощности по производству мицелия позволяют обеспечить выращивание до 15 тыс. т шампиньонов, а в перспективе до 25—28 тыс. т в год.

Субстраты для грибов рода *Agaricasea*

Промышленное производство шампиньонов определяется рядом факторов, главным из которых является качество питательных субстратов. Классическим видом шампиньонного субстрата с момента введения грибов в культуру считается конский навоз, который характеризуется наличием в нем повышенного содержания подвижных форм азота, служащих источником питания термофильных микроорганизмов, принимающих участие в разложении органической массы с выделением тепловой энергии (Дворнина, 1978). Из-за недостатка конского навоза перед практиками-грибоводами многих стран мира встал вопрос о частичной или полной замене конского навоза искусственными субстратами, отвечающими требованиям органического и минерального питания шампиньонов.

Шампиньонные субстраты, приготовленные с добавлением небольшого количества конского навоза (20—40%), называют полусинтетическими, а субстраты, приготовлен-

ные без конского навоза, — синтетическими. Во многих странах разработана технология подготовки полусинтетических субстратов, при которой частично используется конский навоз, составляющий 25—60% от общей массы субстрата. Известны работы (Duggar, 1905), направленные на создание искусственных субстратов с частичной заменой конского навоза. В качестве компонентов субстратов были предложены различные материалы: гниющие листья, сфагнум, кожура семян хлопчатника, отруби, ботва картофеля. В результате сделан вывод, что, хотя перечисленные компоненты и могут быть использованы для этих целей, эффективность таких заменителей ниже, чем у обычного конского навоза. Американские шампиньоноводы практикуют добавление к конскому навозу опавших листьев, из которых лучшими оказались дубовые (Wakksman, Renger, 1934). Немецкие грибоводы использовали в качестве компонента субстратов древесные опилки, однако урожаи грибов на таких субстратах не отличались стабильностью. Опилки, хотя и играют определенную роль в изменении физической структуры навоза, не являются ценным источником питания для грибницы шампиньонов.

Для частичной замены конского навоза использовали навоз мулов (Фальконер, 1928) при условии соответствующего режима питания этих животных. В УкрНИИ овощеводства и бахчеводства исследованиями К. В. Рыбкиной (1967) разработана технология подготовки субстратов, состоящих из смеси конского навоза и навоза крупного рогатого скота и свиней, смешанных с соломой. Навоз крупного рогатого скота и свиней характеризуется высокой влажностью, вязкостью, плохим воздухообменом, низким содержанием питательных веществ. Добавление соломы улучшает физические и химические свойства субстратов, увеличивает их объем и расширяет соотношение C:N, что, по мнению В. Р. Stoller (1954), является необходимым условием жизнедеятельности термофильной микрофлоры, осуществляющей вторичный синтез белка с выделением большого количества тепла при соотношении C:N, равном 25. На основе многолетних исследований Цв. Ранчева (1969) предложила несколько вариантов полусинтетических компостов, состоящих из нарезанной кукурузы, пшеничной или ржаной соломы, помета бройлеров в соотношении 2,5:1,0:1,25 в пересчете на сухое вещество. К смеси из этих материалов добавляют конский навоз с соломистой подстилкой и минеральные соли. Компостирование проводят по схеме, предложенной Расмуссеном, в течение 16—

17 дней. Описан способ получения искусственного компоста для условий Голландии, в котором в качестве частичных заменителей конского навоза был использован куриный помет, солод, мука из семян хлопчатника, свекловичный жом и мочеви́на (Rasmussen, 1959; Lerrits, 1974).

В ГДР для приготовления компоста используют торф в смеси с конским навозом (Kindt, 1963, 1964). Для повышения рН компоста на каждый килограмм торфа добавляют 240 г мела. Исследователем предложен субстрат следующего состава (в кг): сухая пшеничная или ржаная солома — 1000, куриный помет (4% азота) — 500, цианамид кальция — 20, калийная соль (40% кальция) — 10, строительный гипс — 30, суперфосфат — 10. Субстрат компостируется в течение 25 дней. Р. J. C. Vedder (1971) предлагает компост, приготовленный в основе пшеничной соломы с добавлением сухого куриного помета и минеральных удобрений. Некоторые авторы считают, что наряду с соломой озимых культур можно применять древесные опилки, листья деревьев, стержни початков кукурузы, городской мусор, торф.

С целью повышения питательных свойств шампиньонов в качестве дополнительных источников органического азота в США, Румынии, ГДР, Голландии, Болгарии, Индии широко используют пивную дробину, солодовые ростки, куриный помет, сухой жом, хлопковый шрот, пшеничные и рисовые отруби (Hunte, 1973). В Великобритании наиболее распространенный субстрат состоит из конского навоза (70%) и подстилки бройлеров (30%) (Atkins, 1974). По данным Ирландского сельскохозяйственного института, при сравнении компостов различного состава выявлен наиболее продуктивный компост, состоящий из соломы, сена, птичьего помета, мочевины (Lambert, 1929).

В условиях Нидерландов шампиньонный компост готовят на специализированных предприятиях (г. Оттерсум) по технологии, разработанной шампиньоноводческой станцией. В качестве основного материала используется пшеничная солома с добавлением до 60% конского навоза в зимние месяцы и до 30% — в летний период. В случае недостатка конского навоза компост готовят из пшеничной соломы с органическими или минеральными добавками. В ГДР в госхозе «Дискау» компост готовят из следующих компонентов: конский навоз (60% влажности) — 1500 кг, куриный помет — 500 кг, пшеничная солома — 1000 кг, цианамид кальция — 20, суперфосфат и калийная соль по 10, гипс — 30 кг. В сельскохозяйственном коопера-

гиве имени Э. Тельмана (возле г. Эрфурта) конский навоз полностью заменяют куриным пометом. На 1 т пшеничной соломы добавляют 1 т куриного помета, 20 кг углекислого аммония, 30 кг калийной соли и 50 кг суперфосфата (Hayes, Randle, 1968).

Наряду с изучением возможностей частичной замены конского навоза у нас в стране и за рубежом ведутся исследования по созданию так называемых «искусственных» субстратов, состоящих из различных компонентов без добавления в них конского навоза. Был предложен «искусственный» субстрат для выращивания шампиньонов (Davis, 1938; Atkins, 1974). В основу метода подготовки положена методика подбора источника азота и соответствующего увлажнения компонентов с целью создания условий для жизнедеятельности микроорганизмов, осуществляющих разложение органической массы (Atkins, 1974). При изучении пригодности различных материалов в качестве компонентов шампиньонных субстратов сделан вывод: определенное соотношение смеси соломы и некоторых других растительных материалов может дать полноценный субстрат для выращивания шампиньонов. Е. В. Lambert (1929), I. Hein (1930), используя в качестве основного компонента солому, добавляли к ней комплекс химических элементов, присутствие которых предполагалось в конском навозе. В результате получены субстраты, обеспечивающие нормальный рост и развитие шампиньонов. О. Герфуртом (Herfurth, 1891) был запатентован метод приготовления искусственных субстратов, основанный на анализе конского навоза, согласно которому соотношение основных компонентов N:P:K в субстрате должно соответствовать 2:1:2,7. Первый рецепт синтетического компоста, обеспечивающий устойчивый урожай шампиньонов, разработан английским обществом исследователей грибоводства. Долгое время этот вид компоста, полученный из соломы озимой пшеницы, ржи или смеси (50% озимой пшеницы и 50% ячменя) с добавлением органических и неорганических стимуляторов, был единственным надежным заменителем конского навоза.

Общим для работ в направлении создания искусственных субстратов является то, что в основе их находится солома злаковых: пшеничная, ячменная, рисовая, ржаная. W. A. Hayes, P. E. Randle, (1968) отдают предпочтение пшеничной соломе, так как она отличается наибольшей стабильностью химического состава: в ней содержится до 50% углерода, количество азота колеблется в пределах 0,2—

0,5%. Компостирование шампиньонных субстратов может начаться при накоплении достаточного количества азота, необходимого для образования аммиака, служащего пищей для термофильных микроорганизмов, в противном случае бурт не нагревается и не происходит разложения соломы (Stoller, 1954). Субстраты из сена и кукурузной соломы по Синдену (Sinden, 1946) готовятся в очень разнообразных вариантах и сочетаниях, например: 0,5 т пшеничной муки, 0,5 т расплющенных стеблей кукурузы, 0,2 сена, 0,8 т куриного помета, 0,6 т виноградных выжимок, 0,1 т гипса, и 12 кг суперфосфата (Edwards, 1949, 1950). Практикой грибоводства установлено, что в качестве источника азота при подготовке шампиньонных субстратов можно использовать целый ряд азотсодержащих материалов: солодовые ростки, пивную барду, хлопковую муку, люцерновую муку, пшеничные отруби, свекловичный жом. Кроме органических азотсодержащих веществ целесообразно использовать минеральные удобрения: сульфат аммония, аммиачную селитру, мочевины, карбамид и цианамид кальция (Flegg, 1951; Barton, 1967; Lerrits, 1974).

Е. В. Lambert (1941) предложил целый ряд рецептов искусственных субстратов с различными источниками азота в виде $\text{NH}_4(\text{SO}_4)_2$, фосфорнокислой мочевины, известняка, кровяной муки. Лучшие результаты были им получены при использовании мочевины в сочетании с кровяной мукой, хотя большинство испытанных компостов давало низкие урожаи. Автор объясняет это неоднородностью микробиологических процессов при компостировании, в результате чего температура не поднималась выше 50°C вместо $70\text{—}75^\circ\text{C}$, обеспечивающей разложение органической массы. При добавлении цианамид кальция к смеси соломы и кукурузных стеблей были получены неудовлетворительные результаты вследствие способности цианамид поглощать влагу и углекислый газ, превращаясь при этом в дицианамид, препятствующий росту мицелия *Agaricus bisporus*. В. В. Stoller (1954) получил удовлетворительные урожаи шампиньонов на искусственных субстратах, основой которых служила ржаная и пшеничная солома с добавлением рубленых кукурузных стеблей. В качестве источника азота были предложены мочевины, азотнокислый аммоний, влажное пивоваренное зерно, куриный помет. Кроме источников азота было предложено добавлять калий в виде хлорида или сульфата калия. В конце компостирования необходимо вносить гипс. Добавление пивоваренного зерна или муки сахарной свеклы на тонну соломы, а также внесение гип-

Таблица 5. Выход грибов в зависимости от белковых добавок

Время учета выхода	Контроль (без добавки муки)		Добавка муки при инокуляции мицелия		Добавка муки при внесении покровного слоя (13 дней после инокуляции)	
	Выход, кг/м ²	Масса 1 гриба, г	Выход, кг/м ²	Масса 1 гриба, г		
Через 28 дней	24,0	10,8	28,6	10,2	30,3	20,0
Через 56 дней	32,2	11,2	37,9	10,7	39,2	10,6

са в конце компостирования практикуется грибоводами Нидерландов. В специализированном кооперативе «Ротсбаипер» (ГДР) для приготовления питательных субстратов используют спрессованную в тюки солому. На 1 т соломы добавляют 2,5—3 т куриного помета. Солому и помет укладывают в 6 слоев, каждый слой поливают водой. При первой перебивке вносят мочевины в количестве 10—15 кг на 1 т соломы и 10 кг суперфосфата. Для приготовления искусственных субстратов могут быть использованы многочисленные отходы и даже городские отбросы, предварительно компостированные, при соблюдении точного химического, физического и микробиологического равновесия (Delmas, Laborde, 1972).

Многие специалисты вносят в субстраты белковые добавки, например муку соевых или хлопковых семян. Установлено значительное увеличение урожая шампиньонов при внесении 1 кг муки хлопковых семян на 100 кг субстрата (Hardemare, 1975) (табл. 5). В условиях лаборатории повышение урожайности составило 4,5—7 кг/м², в производственных условиях при добавке 1% соевой муки — в среднем 3 кг/м². V. Kindt (1964) рекомендует добавлять к искусственным субстратам кроме сухой крови отходы шерстяной промышленности в качестве органической добавки. К такому субстрату добавляются цианид кальция в обычном количестве (в расчете на 1 т соломы), фосфорные добавки, калийные соли, калий, гипс. За период компостирования (28—41 день) рН субстрата достигает 7,9. В Нидерландах к компосту с соломой хлебных злаков добавляли корни солодки. Солому укладывали штабелями до 2 м высотой, между ними закладывалось 50 кг корней солодки. Штабеля в течение 2—3 дней увлажняли, пока их масса не увеличивалась в 3 раза по сравнению с сухой массой соломы. Через 12 дней солому разрыхляли, измельчали и укладывали в кучу, добавляя на 1 т сухой соломы 5 кг мочевины, 75 кг корней солодки и необходимое количество воды. Во время перебивки вносили 25 кг углекислого кальция, 60 кг гипса, 20 кг суперфосфата на 1 т. Увлажнение

субстрата производили на 10-, 13-, 15-й дни после закладки куч. Продолжительность компостирования 1 месяц (Rasmussen, 1972).

При изучении возможности частичной или полной замены конского навоза нами была разработана технология подготовки субстратов, имеющих следующий состав: солома пшеничная — 1000 кг, жидкий птичий помет — 300 кг, конский навоз — 200 кг. В процессе компостирования при второй и третьей перебивках вносились минеральные макро- и микроудобрения из расчета: аммиачная селитра — 50 кг, суперфосфат — 13 кг, калийная селитра — 2,80 кг, мел — 24 кг, гипс — 24 кг, сернокислое железо — 0,35 кг, сернокислый марганец — 0,34 кг, сернокислый магний — 0,34 кг, бромистый калий — 0,07 кг, йодистый калий — 0,07 кг.

Изучение влияния соломы на физические и химические свойства субстрата показало, что она улучшает воздухообмен, структуру, являясь источником углеводов и калия, повышает питательную ценность субстратов, что обеспечивает аэробные условия компостирования. С добавлением соломы увеличивается объем субстратов, расширяется соотношение между C:N, улучшается воздухообмен. Для повышения впитывающей способности и получения однородной, гомогенной массы субстрата была использована измельченная, безгербицидная солома. Лучшей оказалась пшеничная солома. Овсяная и ячменная менее пригодны, так как быстро разлагаются, теряют восковую структуру. Птичий помет — концентрированное азотсодержащее органическое вещество. Подобно конскому навозу, содержит весь комплекс питательных веществ, необходимых для роста и развития мицелия шампиньонов, но в значительно больших количествах. При внесении в субстрат жидкий птичий помет, смешанный с соломой, быстро разогревается с выделением аммиака, без накопления которого процесс компостирования не начинается. В качестве компонентов шампиньонных субстратов нами были предложены также пивная дробина, являющаяся источником азота (2,64%), фосфора (1,32%), калия (2,67%). Добавление дробины обеспечивало однородность субстратов, равномерный процесс ферментации.

Стержни початков кукурузы, содержащие 1,26% азота и 2,26% калия, улучшали механический состав шампиньонных субстратов за счет своих рыхлящих свойств. Стержни початков кукурузы содержат фурфурол — маслянистую жидкость, образующуюся при гидролизе клетчатки, обла-

дающую антисептическими свойствами. Кожевенная стружка — источник азотного питания шампиньонов. Отходы образуются в процессе подготовки (шлифовки) шкур животных на кожевенном заводе и используются в виде компонентов субстратов после предварительной обработки. Гидролизный лигнин — твердое сыпучее вещество, обладающее большой пористостью и влагоемкостью. Оказывает положительное влияние на водный и воздушный режимы в шампиньонных субстратах. Однако гидролизный лигнин использовался как компонент только после специальной обработки аммиаком.

Нами был предложен качественно новый по составу субстрат, включающий в виде компонента готовый субстрат, являющийся закваской в ферментируемой массе.

Подготовка шампиньонных субстратов

При подготовке шампиньонных субстратов практики-грибоводы во все времена использовали особенность увлажненных куч быстро нагреваться до 70—75°C. Активное теплообразование является результатом обмена веществ различных популяций микроорганизмов. Организмы — мезофилы, затем термофилы следуют друг за другом, сначала чтобы использовать быстро усваиваемые вещества, затем чтобы расщепить гемицеллюлозу, целлюлозу и магний — три основных углеродсодержащих элемента соломы (San Antonio, 1970; Wood, 1973). Это естественное тепловое расщепление представляет собой собственно явление компостирования, а получаемый из навоза, соломы и многочисленных растительных отходов продукт называется компостом.

Основная цель компостирования сводится прежде всего к преобразованию конского навоза или его заменителей, приемлемых для целого ряда микроорганизмов, в субстрат, пригодный для мицелия, характеризующийся однородной консистенцией, обогащенной комплексом питательных веществ и полезной микрофлорой (Stoller, 1956; Громов, 1960; Atkins, 1974).

По мнению S. A. Waksman, Nissen (1931), в процессе компостирования микроорганизмы потребляют водорастворимые вещества, некоторые гемицеллюлозы, целлюлозы и незначительное количество лигнинов. В субстрате накапливаются лигнины и белок микроорганизмов, т. е. создается благоприятная для развития шампиньона среда. Ав-

торы считают, что гриб использует не все имеющиеся в компосте питательные вещества, а предпочитает лигнин и органические азотные комплексы. Со времени введения шампиньонов в культуру компостирование все еще остается основной технологией, применяемой в промышленных масштабах выращивания грибов. Компостирование шампиньонных субстратов — направленный аэробный процесс, в результате которого происходит неполное разложение органической массы с выделением тепла, суммарные химические превращения, сопровождающиеся изменением качественного состава субстратов (Atkins, 1965, 1974; Flegg, 1974).

Спонтанная ферментация — традиционный метод подготовки субстратов — неуправляемый биологический процесс, в результате которого происходят значительные потери органических веществ как следствие длительного процесса разложения. Кроме того, при спонтанном методе нельзя быть уверенным в стабильности получаемых компостов, так как неконтролируемые температурные условия оказывают влияние на качественный и количественный состав микроорганизмов, обеспечивающих накопление в субстратах основных элементов питания для грибов шампиньонов.

Традиционное компостирование шампиньонных грунтов осуществляется в условиях нестерилизованной среды, ничем не защищенной, но селективной для шампиньонов. Ферментируется субстрат в буртах, размеры которых должны обеспечивать доступную аэрацию материалов. Подчеркнув значение аэрации при компостировании, исследователи доказали, что органические вещества разлагаются в анаэробных условиях медленнее, чем в аэробных (Waksmann, 1930; Lupo, 1940). Предполагалось, что аэробные условия компостирования способствуют ограничению потерь сухого вещества и потерь азота в аммиачной форме. Существует прямая зависимость между глубиной компоста и активностью микроорганизмов, что, в свою очередь, способствует выделению тепла и требует большего количества кислорода.

Установлено, что в период компостирования в буртах образуется несколько температурных зон. Самый верхний слой, находящийся в постоянном контакте с окружающим воздухом, представляет собой зону избыточной аэрации (А), средняя зона (В) наиболее благоприятна для микроорганизмов, составляет 50% от общей массы, характеризуется температурой 50—60°C. Самая горячая зона (С) — 65—73°C, достаточно аэрируемая. Эти условия обеспечивают развитие термофильной микрофлоры, выделяющей

большое количество тепловой энергии. И, наконец, центральная зона (Д), распространение которой пропорционально ширине кучи, образует так называемое анаэробное ядро с избыточной влажностью, недостатком кислорода, температурой 35—55°C. Е. В. Lambert (1957) провел серию опытов по приживаемости мицелия шампиньона на каждом из слоев и обнаружил, что самой благоприятной из них является зона В. Получение однородной массы субстрата с равными условиями температуры, влажности и аэрации достигается механическими перетряхиваниями субстратов в период их подготовки (Hunte, 1973; Atkins, 1974). Основываясь на исследованиях О. Till (1962), L. Lemke (1967), W. Hunhcke, L. Sengbusch (1968), I. Laborde (1973) предложил безостановочную подготовку субстратов без ферментации в герметически закрытых барабанах. Смесь предварительно обогащалась удобрениями, увлажнялась водой, нагретой до 100—110°C. После термической стерилизации и последующего охлаждения потоком стерильного воздуха в субстрат вводился мицелий шампиньонов. Защитой субстратов от внешней среды служила полиэтиленовая пленка, проницаемая для газов. В момент укрытия покровным грунтом стерильность субстрата нарушалась.

Преимущество метода подготовки субстратов без компостирования по сравнению с классическим методом спонтанной ферментации в следующем: 1) подготовка субстратов не зависит от времени года и погодных условий; 2) гарантируется полный контроль за составом субстрата, что ведет к получению стабильных урожаев; 3) все процессы подготовки субстратов без компостирования могут быть легко механизированы и автоматизированы.

I. W. Sinden (1950), изучая природу компостирования шампиньонных субстратов, установил, что оно имеет оптимальный срок, за пределами которого идет постепенное снижение продуктивности получаемого субстрата.

В современном шампиньоноводстве существуют новые технологии, позволяющие осуществлять компостирование очень быстро и в тщательно контролируемых условиях, что сокращает потери сухих веществ. Кроме того, разработаны способы подготовки субстратов без компостирования — методом стерилизации как питательной, так и окружающей ее среды. Первыми работами в направлении сокращения сроков компостирования являются исследования В. В. Stoller (1954). Доказано, что, используя вращающиеся барабаны с устройством искусственной подачи воздуха

и регулируемой температурой, при 7—10-дневной ферментации можно сократить потери сухого вещества от 20 до 28% и получить нормальный урожай шампиньонов. Идея вращающихся барабанов была использована W. A. Hayes, P. E. Randle (1971), предложившими перед началом ферментации измельчать влажные растительные отходы и добавки в специальных промышленных молотковых мельницах для получения однородной массы. В период ферментации в барабаны, вмещающие по 50 кг компоста, подавали воздух, и влажность поддерживали на уровне 70%, что обеспечивало нормальный ход микробиологических преобразований. По I. W. Sinden, E. Hauser, (1950), J. Laborde (1973), компост, ферментированный в оптимальных условиях температуры, влажности и аэрации, должен быть мягким на ощупь, с легко рвущейся соломой, не жирным, не пачкать руки, а влага должна чувствоваться лишь при сильном сжатии, что будет соответствовать 70—73% влажности.

В практике промышленного шампиньоноводства широкое применение получил метод ускоренной подготовки субстратов в контролируемых условиях. При изучении природы ускоренного компостирования установлено, что для увеличения теплообразования и сохранения тепла, обеспечения достаточной аэрации штабеля должны иметь прямоугольное сечение с вертикально уплотненными боками. Для регулирования поглощения влаги и подавления процесса аммонификации, ведущего к потере азота в виде NH_3 , в период ускоренного компостирования добавляют суперфосфат или гипс. Период обработки компостов, таким образом, сокращается до 12 дней (Sinden, Hauser, 1950).

Основываясь на полученных данных, I. W. Sinden, E. Hauser в 1956 г. на III Международном конгрессе шампиньоноводов предложили технологию кратковременного компостирования, которая позволяет приготовить однородный и качественный компост за 8—10 дней. Английские специалисты делят такую подготовку субстратов на две фазы: внешнее компостирование и управляемая контролируемая ферментация. Вторая фаза компостирования получила название пастеризации и конденсации субстратов. Ученые института агропромышленных исследований в Бордо поддержали идею о том, что традиционное компостирование не является обязательным условием успешного культивирования шампиньонов и может быть заменено методом ускоренного компостирования — в течение 5—8 дней с последующей пастеризацией при температуре 60—65°C

без доступа воздуха (Delmas, Laborde, 1972). Сильно циркулирующий воздух подается через 5—8 часов. Назначение пастеризации — закончить процесс разложения органической массы в контролируемых условиях температуры и влажности с целью накопления питательных веществ для мицелия грибов в результате активной деятельности микроорганизмов в этот период. Кроме того, процесс пастеризации способствует получению однородной, гомогенной среды, так как субстраты после первого этапа компостирования характеризуются наличием слишком холодных и слишком горячих зон, аэробных и анаэробных (Laborde, Delmas, 1974). За счет повышения температуры компостирования до 60—65°C в течение нескольких часов уничтожаются все болезнетворные начала и конкурирующие организмы. По мнению голландских и венгерских специалистов, пастеризация полностью исключает поражение шампиньонов нематодой и грибной мухой (Lambert, Ayers, 1957).

В период пастеризации активизируется деятельность термофильной микрофлоры, обладающей ускоренным обменом веществ, что оказывает положительное влияние на качество питательных субстратов. W. Hunhcke, L. Sengbusch (1973), D. P. Chanter, D. M. Spencer (1974) для ускоренного компостирования искусственно вносили термофильные микроорганизмы в ферментируемую массу, активизируя тем самым микробиологические процессы. Особое значение придавалось термофильным бактериям, количество которых увеличивалось по сравнению с плесневыми грибами — антагонистами по отношению к термофильным бактериям (Argold, 1972). Таким образом, посредством пастеризации добиваются однородной среды как биологически, так и химически, а также уничтожения всех конкурирующих форм для мицелия шампиньонов. Значение процесса пастеризации состоит также в том, что компост освобождается от свободного аммиака, токсичного действующего на мицелий шампиньонов (Tschierpe, Sinden, 1962). Аммиак в период пастеризации используется микроорганизмами, синтезирующими белки, ряд витаминов, регуляторы роста.

Работы некоторых зарубежных исследователей направлены на селективное составление питательных сред и поддержание роста термофильных микроорганизмов, ведущих к ускоренному разложению органической массы. Компостирование селективных сред методом управляемой и контролируемой ферментации осуществляется путем разложе-

ния предварительно увлажненного и размолотого субстрата в условиях определенного режима температуры и влажности.

N. Poitou, J. Delmas, P. Delpech (1968) указывают на значение нерастворимых форм азота, связанных в комплексе лигнин — гумус или в виде микробного белка, являющегося результатом жизнедеятельности микроорганизмов на селективных субстратах. Установлено, что от 40 до 70% азота, усваиваемого шампиньонами, берется из этого лигнинного комплекса. В нерастворимых формах азот менее доступен конкурентным грибам, тогда как шампиньоны могут легко усваивать его. S. H. Smith (1974) предложил метод ускоренного компостирования путем составления селективных сред. В основе метода лежит подбор подходящего источника азота, содержащегося в устойчивой форме в виде сырого белка в концентрации 1,4%, и источника углерода, обеспечивающего растворимыми углеводами термофильные актиномицеты и бактерии.

В некоторых странах практикуется приготовление питательных субстратов ускоренным методом без компостирования. Исследования в этом направлении были начаты в 1956 г. в институте Макса Планка по выращиванию культурных растений в Гамбург-Фолькдорфе профессором Sengbusch. Уже в 1961 г. O. Till доказал, что на некомпостированных субстратах можно получить удовлетворительные урожаи шампиньонов. Принципы подготовки таких компостов сводится к стерилизации питательной среды при оптимальном соотношении компонентов для грибницы культурного гриба.

Качество шампиньонных субстратов в зависимости от способа подготовки

При сравнении спонтанного и ускоренного способов компостирования мы установили, что в процессе ферментации происходит разложение сложных, труднодоступных элементов питания в легкоусвояемые вещества, необходимые для роста и развития грибов шампиньонов. Однако степень разложения компонентов субстратов, скорость накопления комплекса питательных веществ определяются составом субстратов, способом подготовки, активностью микроорганизмов.

При подборе исходных компонентов шампиньонных субстратов учитывали их физические свойства, химический состав, соотношение основных элементов N, P, K. Исходными компонентами являлись пшеничная воздушно-сухая солома, птичий помет, пивная дробина, стержни початков кукурузы, кожевенная стружка. Процесс компостирования субстратов на разных этапах сопровождался изменением температуры, что обусловлено деятельностью различных групп микроорганизмов, осуществляющих биосинтез органических веществ, необходимых для питания шампиньонов. В процессе разложения органической массы субстратов принимают участие разнообразные микробные популяции: аммонифицирующие бактерии, неспоровые и споровые формы, актиномицеты, плесневые грибы, целлюлозоразрушающие бактерии и грибы.

Аммонифицирующие бактерии усиленно размножаются во всех вариантах субстратов при 55—58°C. Термофильные бактерии осуществляют процессы превращения органических веществ, участвуют в процессе аммонификации, что способствует накоплению в среде органических форм азота, необходимых для мицелия шампиньонов. Аммонифицирующие бактерии в исследуемых вариантах субстратов были представлены видами *Pseudomonas fluorescens*, *Ps. aurantica*, *Ps. putida*, *Ps. prodigiosum*, роль которых состоит в следующем: бактерии вида *Ps. fluorescens* участвуют в восстановлении нитратов до нитритов, для своей жизнедеятельности используют органические кислоты, а также соли аммония как источник азотного питания, участвуют в процессах углеводного обмена.

Установлено, что под воздействием высокой температуры в контролируемых условиях видовой состав аммонифицирующих бактерий сужается. После пастеризации субстратов аммонифицирующие бактерии были представлены двумя видами — *Ps. fluorescens*, *Ps. putida*, активность которых заметно возрастала с повышением температуры. После процесса пастеризации количество аммонифицирующих бактерий находилось в пределах 104—140 млн на 1 г сухого вещества в зависимости от состава субстрата (рис. 1).

Спорообразующие аммонифицирующие бактерии. Из числа аммонифицирующих бактерий важная роль принадлежит спорообразующим бактериям, которые благодаря высокой активности способствуют накоплению в среде ферментов, витаминов, питательных веществ, необходимых для роста и развития шампиньонов. Решающее влияние на ак-

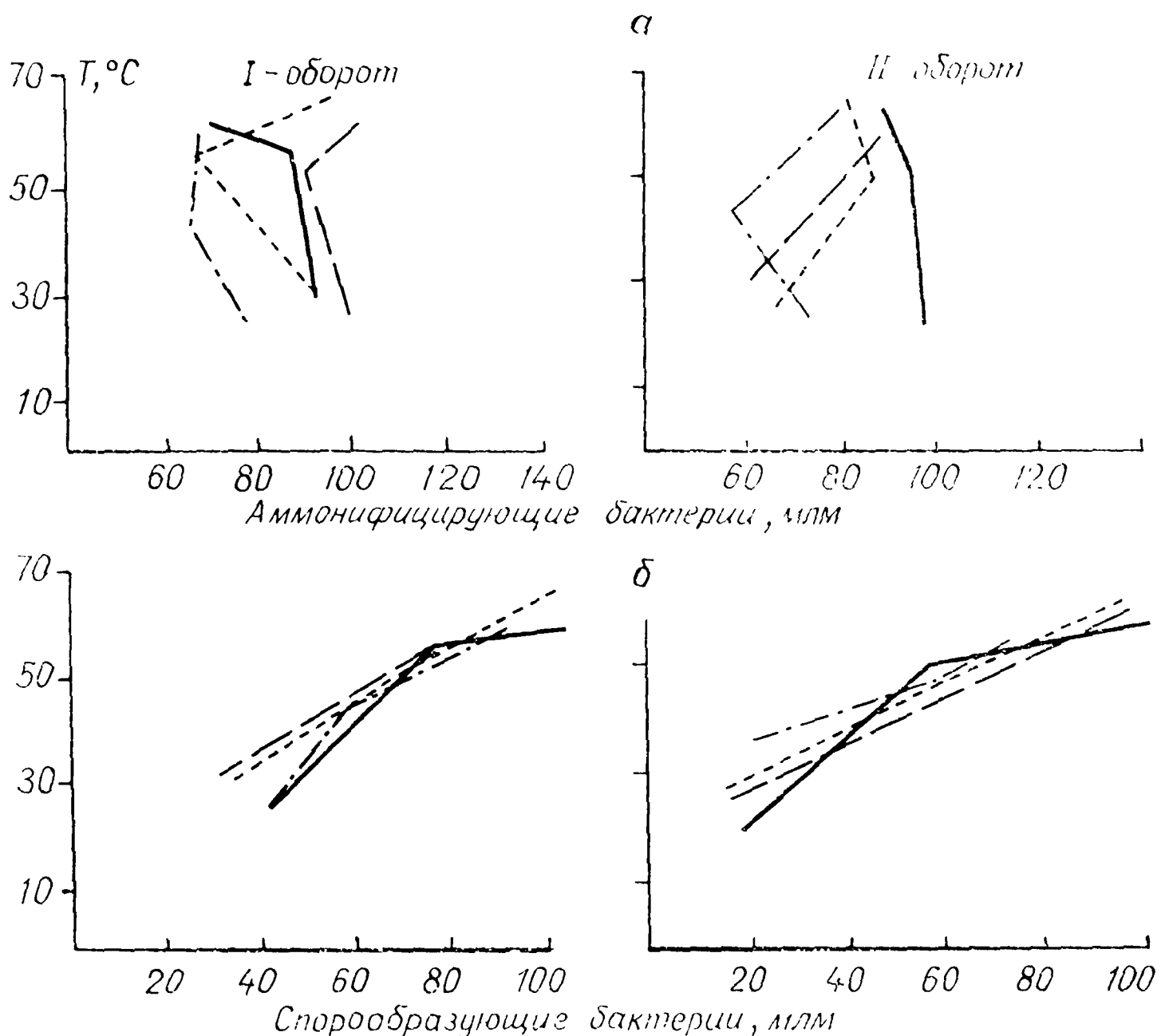


Рис. 1. Количественный состав аммонифицирующих (а) и спорообразующих (б) бактерий в процессе подготовки субстратов

тивность спорообразующих бактерий оказывает качественный состав субстратов, в процессе аэробного разложения которых активизируется жизнедеятельность данной группы микроорганизмов. Установлено, что термофильные аммонифицирующие бактерии обладают способностью преобразовывать фиксированный азот в азот аммиачный, о чем свидетельствует усиленный запах аммиака в период пастеризации компостов. В начальный период подготовки субстратов количество споровых бактерий в наших исследованиях было незначительным — 10—48 млн на 1 г сухого вещества в зависимости от состава исходных компонентов субстратов. В ходе компостирования температура ферментируемой массы повышалась, при этом количество спорообразующих бактерий заметно возрастало, что говорит о их высокой активности и устойчивости. Максимальное размножение спорообразующих бактерий было отмечено нами после процесса пастеризации во всех вариантах опытов.

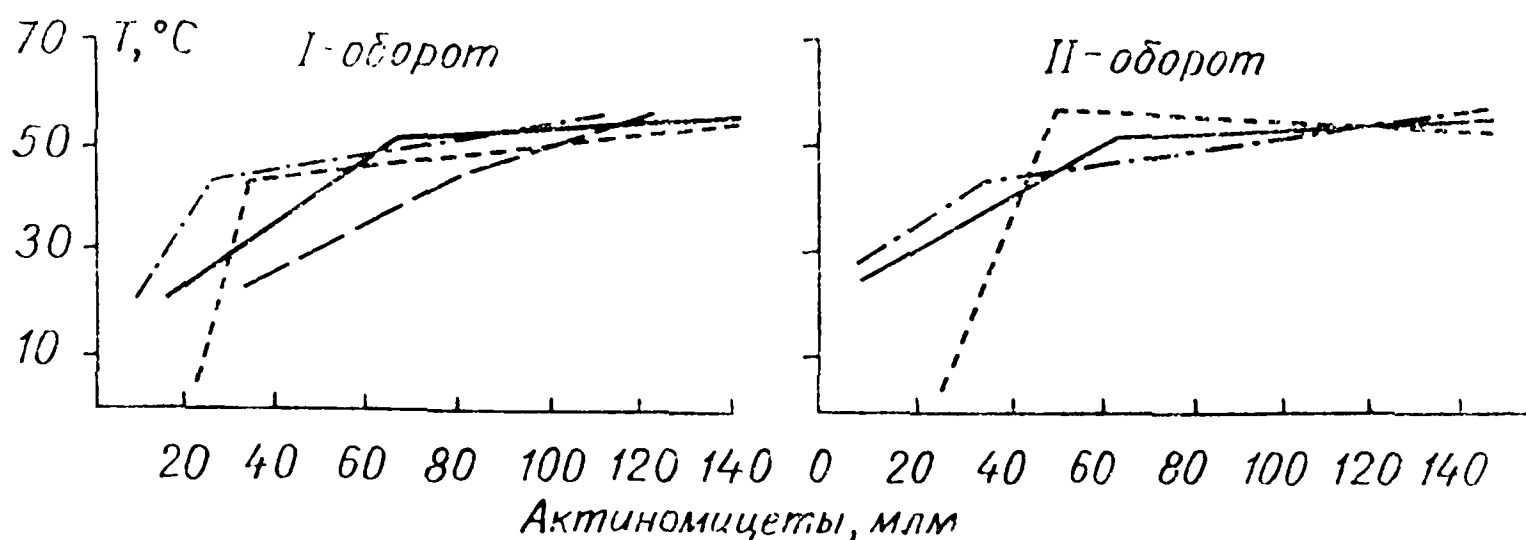


Рис. 2. Количественный состав актиномицетов в процессе подготовки субстратов

Актиномицеты. Значительная роль в процессе самосогревания компостов принадлежит актиномицетам. Микроорганизмы этой группы представляют большую ценность как продуценты антибиотических веществ. Кроме того, обмен веществ у термофильных актиномицетов происходит более интенсивно, чем у мезофильных форм. Актиномицеты обладают высокой ферментативной способностью. Присутствие актиномицетов в субстратах является одним из диагностических признаков качественно приготовленных субстратов. Наиболее оптимальные условия для развития актиномицетов создаются после процесса пастеризации при средней температуре среды 52—55°C. Важная роль актиномицетов в субстратах состоит также в их способности синтезировать ряд аминокислот в летучей форме, которые легко усваиваются мицелием шампиньона двуспорового. Отмечено, что после процесса пастеризации интенсивность микробиологических процессов, осуществляемых термофильными актиномицетами, повышается во всех исследуемых вариантах независимо от их состава (рис. 2).

Плесневые грибы. Наряду с бактериями и актиномицетами, плесневые грибы принимают участие в разложении и минерализации органической массы субстратов. Однако биологическая деятельность плесневых грибов происходит в довольно узком температурном диапазоне от 0 до 45°C, а термофильные формы плесневых грибов практически отсутствуют. При учете качественного состава плесневых грибов в период подготовки шампиньонных субстратов нами выявлены представители родов *Mucor*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Penicillium*. Плесневые грибы, благодаря наличию в них ферментов, разлагают белки, углеводы, обогащают субстраты лимонной, щавелевой и другими кислотами (рис. 3).

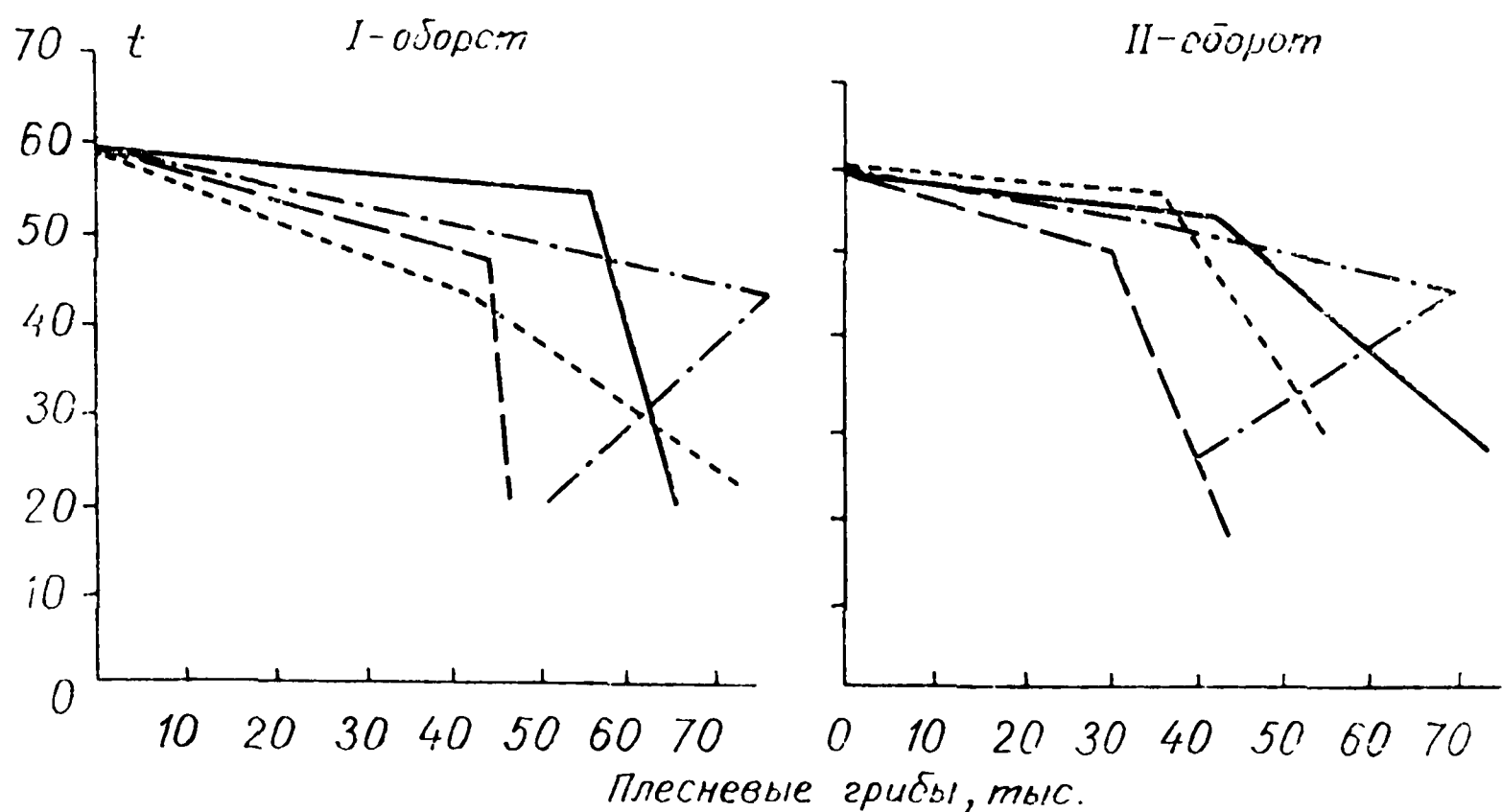


Рис. 3. Количественный состав плесневых грибов в процессе подготовки субстратов

Целлюлозоразрушающие микроорганизмы. Учитывая степень разрушения углеродсодержащих соединений (клетчатки, лигнина, гемицеллюлозы), мы установили, что активность целлюлозоразрушающих бактерий с повышением температуры возрастала наиболее интенсивно в вариантах с пивной дробинкой и кожаной стружкой. После процесса пастеризации активность целлюлозоразрушающих бактерий снижалась. Целлюлозоразрушающие грибы проявляли высокую активность на начальных этапах как при спонтанном, так и при ускоренном методах подготовки субстратов. С повышением температуры при третьей перебивке степень активности грибов резко снижалась при спонтанном методе подготовки, а после процесса пастеризации при ускоренном компостировании целлюлозоразрушающие грибы в субстратах практически отсутствовали. Это свидетельствовало о законченных процессах разложения, осуществляемых данной группой микроорганизмов.

Накопление комплекса питательных веществ в субстратах при разных способах их подготовки

Микробиологические процессы, осуществляемые многочисленными физиологическими группами микроорганизмов, обуславливают накопление в субстратах необходимых питательных веществ в усвояемой форме для развития грибочки шампиньона.

При изучении суммарных химических превращений, происходящих в субстратах в период компостирования, установлено, что в значительной мере рост и развитие мицелия шампиньона двуспорового определяется наличием в них определенного количественного соотношения азота, фосфора, калия, углерода. Изучая в динамике изменения элементов минерального питания при компостировании шампиньонных субстратов (спонтанный и ускоренный методы), мы установили, что максимальное накопление питательных веществ после процесса пастеризации наблюдалось при ускоренном методе. Так, изменения общего азота во всех вариантах после первой, второй, третьей перебивок (период до пастеризации) являлись результатом самосогревания органической массы, осуществляемого различными группами микроорганизмов в неконтролируемых условиях температуры и влажности. В этот период наблюдали и накопление общего азота, и его потери. После процесса пастеризации отмечали повышение содержания общего азота во всех вариантах.

Однако наиболее высоким содержанием общего азота (1,54—2,07%) характеризовался вариант, одним из компонентов которого являлась пивная дробина, тогда как в контрольном варианте количество общего азота после пастеризации находилось в пределах 1,33—1,87%. Равное накопление азота наблюдалось также в варианте с кожевенной стружкой. Удаление токсичного для грибницы аммиака достигается контролируемым ходом процесса «поспевания» компостов. Начальный процесс разложения органической массы субстратов характеризуется высоким содержанием в них аммиачного азота, количество которого изменяется в зависимости от исходных компонентов субстратов, а также от степени активности микроорганизмов. При поддержании оптимальных условий жизнедеятельности микроорганизмов большая часть свободного аммиака используется различными группами микробных популяций для построения их тела, а также перевода недоступных азотных элементов питания в легкоусвояемые для мицелия шампиньонов. Процесс пастеризации субстратов с повышением температуры до 58—60°C способствует их максимальному разогреву, вследствие чего аммиачный азот полностью усваивается активной термофильной микрофлорой и переводится в белковые соединения, необходимые для питания грибов, и лишь частично улетучивается. Аммиачный азот в субстратах, прошедших пастеризацию, практически отсутствует. Существенное влияние оказывает контролируемый процесс

Таблица 6. Содержание основных элементов минерального комплекса в готовых субстратах при различных способах их подготовки, % на сухое вещество

Вариант	Метод					
	спон- ганный	уско- ренный	спон- ганный	уско- ренный	спон- ганный	уско- ренный
	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
Солома — 1000 кг, птичий помет — 300 кг, конский навоз — 500 кг (контроль)	1,50	1,87	1,11	1,47	0,87	1,10
Солома — 1000 кг, птичий помет — 300 кг, стержни початков кукурузы — 200 кг	1,30	1,64	1,15	1,32	0,90	1,37
Солома — 1000 кг, птичий помет — 300 кг, пивная дробина — 200 кг	1,60	2,07	1,85	2,62	1,43	1,77
Солома — 1000 кг, птичий помет — 300 кг, кожевенная стружка — 500 кг	1,21	1,80	1,58	1,97	1,23	1,50

пастеризации компостов на количественный состав в них таких важных элементов питания шампиньонов, как фосфор и калий. В первый период подготовки (неконтролируемые условия 15 дней) в субстратах изменялось содержание фосфора и калия как в сторону накопления, так и уменьшения. Это обуславливалось деятельностью различных физиологических групп микроорганизмов, активность которых зависит от состава компостов, а также условий их подготовки. Наиболее характерные изменения фосфора и калия в субстратах отмечены после процесса пастеризации. В целом в готовых субстратах высокое содержание названных элементов. Процесс пастеризации сыграл свою положительную роль в накоплении усвояемых форм азота, фосфора и калия, необходимых для формирования плодовых тел шампиньонов. Максимальное количество фосфора и калия при ускоренном компостировании отмечено в варианте, в состав которого входила пивная дробина. Это обусловлено благоприятным водно-воздушным режимом компонентов и интенсивностью микробиологических превращений. Количество фосфора в варианте с пивной дробинкой составило 1,64—2,62, а калия 0,80—1,77% (табл. 6). В количественном составе калия наблюдалось равномерное его увеличение во всех субстратах в ходе разложения органической массы. Накопление калия в среде происходило за счет направленной деятельности микроорганизмов, вызванной контролируемыми условиями температуры и влажности. Если при спонтанном методе компостирова-

ния не было закономерности в изменении процентного содержания калия, то при ускоренном методе подготовки субстратов она наблюдалась. При ускоренном компостировании субстратов изучались изменения, происходящие с углеродсодержащими комплексами, входящими в состав необходимых и важных элементов питания. Основными органическими компонентами искусственных субстратов являются целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин, составляющие 80% всего органического вещества в субстратах. Гемицеллюлоза не относится к основным питательным веществам грибницы шампиньонов, так как она быстро разрушается на начальной стадии компостирования. Содержание целлюлозы уменьшается как во время компостирования, так и в период вегетации грибницы, что указывает на немаловажную роль целлюлозы как источника углеродного питания шампиньонов. Лигнин относится к труднорастворимым соединениям. В процессе подготовки субстратов он накапливается и используется грибницей в период формирования плодовых тел. То же относится и к протеинам. Все это подчеркивает значение лигнинов и протеинов в углеводном питании шампиньонов. Установлено изменение общего углерода в ходе разложения органической массы. На интенсивность разложения углеродсодержащих веществ оказывали влияние такие факторы, как состав и соотношение основных компонентов субстратов, что в свою очередь обуславливало интенсивность микробиологических процессов. Наиболее характерные изменения содержания общего углерода в субстратах происходили после процесса пастеризации. Нами отмечено закономерное уменьшение общего азота во всех вариантах, что объясняется потерями, идущими на компостирование.

Запас основных элементов питания в шампиньонных субстратах после окончания компостирования является одним из основных показателей качества субстратов. Высокое соотношение элементов минерального питания отмечено в вариантах с кожаной стружкой и стержнями початков кукурузы. Однако в варианте с пивной дробинкой наблюдали максимальное накопление элементов минерального питания. Все искусственные субстраты по своим физическим свойствам (влажность, аэрация, реакция среды, консистенция) не уступали контрольному варианту. Кроме того, сравнивая данные по накоплению комплекса питательных веществ в шампиньонных субстратах при подготовке их спонтанным и ускоренным методом, следует отметить, что метод компостирования оказывает решающее

влияние на качество шампиньонных компостов. При ускоренном методе компостирования происходит более интенсивное разложение органической массы за счет активизации термофильной микрофлоры с выделением значительного количества энергии. Помимо этого, время подготовки субстратов, а также потери, идущие на компостирование, сокращаются.

Питательные грунты, полученные ускоренным методом, характеризуются высоким накоплением комплекса питательных веществ, оказывают положительное влияние на приживаемость и разрастание грибницы. При этом хорошее разрастание мицелия отмечено во всех вариантах опытов. После посадки мицелия на 14—16-й день субстраты присыпали покровным грунтом, состоящим из торфа и известковой крошки в соотношении 1:1, слоем 2—3 см. В зависимости от состава субстрата плодообразование шампиньонов начиналось на 33—42-й день, тогда как при спонтанном методе подготовки субстратов количество дней от посадки мицелия до появления первых плодовых тел составляло в среднем 37—51 день в зависимости от состава субстрата и штамма. При ускоренном методе подготовки субстраты характеризуются более однородным составом, содержащим необходимый комплекс минерального питания в легкоусвояемой для мицелия шампиньонов форме. Более раннее появление плодовых тел отмечено в вариантах с пивной дробинкой и кожевенной стружкой — на 33—39-й день. Раньше других высыпали плодовые тела штамма 273 — на 33—35-й день, затем Д-13 — на 35—36-й день, а на штаммах Б-9 и 29-А — на 34—39-й день. В вариантах с кожевенной стружкой плодообразование начиналось одновременно с контрольным вариантом на 34—40-й день.

Таким образом, интенсивность плодообразования зависит прежде всего от состава субстрата. Максимальное накопление комплекса питательных веществ в усвояемой форме для грибницы шампиньонов происходило в варианте с пивной дробинкой. Данный вариант отличался более рыхлой консистенцией, однородной структурой составных частей. Высоким соотношением азота, фосфора и калия, а также углерода характеризовался вариант с кожевенной стружкой. Интервал в появлении плодовых тел на этих видах субстратов также не отличался большим разрывом. При ускоренном компостировании максимальный урожай получен в варианте с пивной дробинкой, составивший 8,5 кг/м² — штамм 273, 9,22 — штамм Д-13, 8,7 — штамм

Б-9, 7,9 кг/м² — штамм 29-А. В варианте с кожевенной стружкой урожайность составила 8,7—9,8 кг/м² в зависимости от штамма, что на 12,7—15,2% выше уровня, полученного в контрольном варианте.

Технологический прием, улучшающий качество шампиньонных субстратов

При изучении двух методов подготовки шампиньонных субстратов — спонтанного и ускоренного, включающего пастеризацию компостов, установлено, что последний метод имеет ряд преимуществ по сравнению с классическим. При ускоренном методе подготовки субстраты отличались более высоким содержанием комплекса органического и минерального питания для грибницы шампиньонов, кроме того, однородной консистенцией, обуславливающей интенсивность микробиологических превращений. После процесса пастеризации в субстратах размножались термофильные микроорганизмы, обладающие ускоренным обменом веществ. Наблюдения показали, что активность размножения полезной микрофлоры, осуществляющей синтез сложных веществ в доступные формы для грибницы шампиньонов, можно стимулировать внесением в ферментируемую массу на 15-й день готовой закваски в виде специально подготовленного субстрата. Внесение закваски, обогащенной микроорганизмами, способствовало интенсификации микробиологических процессов, обуславливающих разложение органических веществ и максимальное извлечение комплекса питательных веществ из компонентов субстратов. Кроме того, с внесением закваски температура компостирования поднималась до 60—70°C, в результате чего мезофильная микрофлора сменяется на термофильную, оказывающую положительное влияние на процесс ферментации. Группы термофильных бактерий и актиномицетов в результате своей жизнедеятельности обогащают субстраты такими жизненно необходимыми для шампиньонов веществами, как аминокислоты, ростовые вещества, гормоны, регулирующие ферментативные процессы, витамины, а отмершие бактерии и актиномицеты обогащают субстраты белками. Наконец, внесение закваски сокращает процесс компостирования до 22—24 дней. Влияние качественного состава субстратов на урожай различных штаммов шампиньона двуспорового показано в табл. 7.

Таблица 7. Влияние качественного состава субстратов с закваской на урожай шампиньона двуспорового, % к сухому веществу

Субстрат	рН	Влаж-ность	Общий азот	Фос-фор	Ка-лий	Урожай, кг/м²	
						273	Д-13
Солома — 1000 кг, птичий помет — 300 кг, кожевенная стружка — 50 кг (контроль)	7,80	70,0	1,55	1,52	0,92	7,800	8,880
Солома — 1000 кг, птичий помет — 300 кг, кожевенная стружка — 50 кг, закваска — 100 кг	8,25	65,0	1,10	1,34	1,20	8,200	9,200
Солома — 1000 кг, птичий помет — 300 кг, кожевенная стружка — 50 кг, закваска — 200 кг	7,70	65,4	1,47	1,84	0,97	8,960	11,300
Солома — 1000 кг, птичий помет — 300 кг, кожевенная стружка — 50 кг, закваска — 300 кг	7,64	69,0	1,67	2,17	1,24	10,700	12,900

Формирование плодовых тел во всех вариантах происходило в среднем за 31—39 дней со дня посадки мицелия. Однако на субстрате с добавлением закваски в дозе 300 кг отмечено самое раннее появление плодовых тел — на 29 — 31-й день. В вариантах с дозой закваски 200 и 300 кг получены плодовые тела с более высокой средней массой — 29—35 г в зависимости от штамма, что на 2—6 г выше средней массы плодовых тел, полученных в других вариантах.

В результате обработки материалов исследований методом дисперсионного анализа нами установлено, что наибольшее влияние на урожайность оказал субстрат (фактор А), составляющий при спонтанном компостировании 57,33%, влияние фактора достоверно ($t=37,47$) при трех степенях свободы, тогда как штамм (фактор Б) оказал влияние на урожайность только на 18,8%, влияние фактора Б достоверно ($t=11,64$) при трех степенях обработки. Значительное влияние оказывали варианты, в состав которых входили пивная дробина и кожевенная стружка. Наименьшее влияние субстрата, содержащего стержни початков кукурузы.

При ускоренном методе подготовки урожайность зависит прежде всего от вида субстрата (фактор А), влияние

которого в зависимости от оборота составило 38,02—70,70%; достоверно ($t=8,74—44,44$) при трех степенях свободы. Влияние сочетания факторов составило всего 7%. Методом дисперсионного анализа были обработаны опыты с внесением в ферментируемую массу закваски в виде готового субстрата. В результате установлено, что наибольшее существенное воздействие на величину урожайности оказывает состав субстрата, составивший 50,16%. Достоверно ($t=153,28$) при четырех степенях свободы. Влияние штамма на величину урожайности составляет 36,19%; это достоверно, так как $t=147,47$ при трех степенях свободы. Влияние сочетания факторов субстрата и штамма составляет только 6% от общего числа, однако оно достоверно ($t=6,4$) при 12 степенях свободы. Это указывает на то, что состав субстрата значительно влияет на урожай шампиньонов. Наиболее существенное влияние оказывает состав субстрата с дозой закваски 300 кг в сравнении с контролем при НСР=0,55. На среднюю массу плодового тела в большей степени воздействуют субстраты с дозой закваски 100 и 200 кг, так как среднее отклонение составляет 1,25, что выше НСР=1,11. А на среднюю массу большее воздействие оказывают штаммы 273 и Д-13, где среднее отклонение составляет соответственно $26,6—25=1,6$; $25—23,6=1,4$ при НСР=1,08.

Способы культивирования шампиньонов

За многолетнюю историю культивирования шампиньонов сложилось несколько систем культуры. Для оценки преимущества той или иной системы необходимо учитывать конкретные условия выращивания. Наибольшее распространение получили однозональная и многозональная системы. При первой все процессы от подготовки субстрата до сбора урожая грибов осуществляются в одном помещении (зоне). Их обычно четыре: для подготовки субстрата; пастеризационная камера; камера для выращивания мицелия; культивационное помещение. При однозональной системе шампиньоны можно выращивать на грядках различной конфигурации (грунтовой способ), стеллажах и в ящиках, а при многозональной, в связи с многократным перемещением емкостей, — только в ящиках или контейнерах полезной площадью не более 2,5 м².

Однозональная система выращивания

1. *Выпуклая грядка.* После процесса ферментации субстрат помещается в деревянные формы размерами 40×20 см. Из них субстрат опрокидывают на ровную поверхность. Данная система была наиболее приемлема в период, когда II фаза ферментации еще не была известна, а высадка мицелия осуществлялась в субстрат, не освободившийся полностью от аммиака. После разрастания мицелия гряды покрывали земляным слоем. Чтобы земля удерживалась на покатых стенках гряды, ее необходимо плотно прижать, что нарушает структуру земляного слоя. В настоящее время эта система почти не применяется, так как она не гарантирует получения высоких урожаев.

2. *Грунтовая грядка.* Данный способ — модификация предыдущего. Отличается только плоской поверхностью грядки. Применяется при культивировании грибов в штольнях. Грунтовые грядки приемлемы и в приспособленных помещениях. Преимущество этого способа в сравнении с предыдущим в том, что операции можно проводить механизированно, покровный грунт наносить рыхло, высоту грядки изменять в соответствии со временем года. Ж. Л. Карпантье (Carpentier, 1971) указывал, что в холодных высоких помещениях высота гряд должна быть больше, чем в низких и теплых, во избежание переохлаждения, неблагоприятного для мицелия. Однако не следует забывать, что слишком высокие гряды не экономичны, так как мицелий не использует полностью предназначенного для него субстрата. Компост для выращивания шампиньонов закладывают в виде гряд разнообразной формы. Наиболее распространены гряды-холмы, поскольку они имеют большую поверхность для посадки. Размеры гряд колеблются от 40×40 до 75×75 см. Эти гряды бывают одно-, двух- и трехгребневые. Последние наиболее выгодны, так как при них дорожки имеют ширину около 30 см и занимают меньшую часть площади помещения (Громов, 1960; *цит по:* Дудка, 1978).

В шампиньоноводческих хозяйствах Пенсильвании, производящих более 60% всех шампиньонов, выращиваемых в США, укладывают гряды высотой 20 см и шириной 1,5—1,8 м с проходами с каждой стороны для проведения уборки, полива и мероприятий по защите от болезней и вредителей. Обычно делается 6—7 рядов таких гряд (Snetsinger, 1970).

Многозональная система выращивания

1. *Культивирование на стеллажах.* Эта система послужила первым шагом к созданию специальных помещений для выращивания шампиньонов. Культивирование шампиньонов на стеллажах распространено в Нидерландах, на Тайване и частично в США. Обычно стеллажи строят в 5 этажей, при этом нижний стеллаж поднят над полом на 25 см. Расстояние между отдельными стеллажами 60—65 см, это обеспечивает беспрепятственное проведение работ в культивационном сооружении. Расстояние между последним этажом и потолком должно быть 80—100 см. Стеллажи делают обычно шириной 1,4 м. При высоте гряд 18 см соотношение между объемом субстрата и воздушным пространством должно составлять 1:8,5.

Стеллажи могут быть стационарные и транспортабельные. Транспортабельные стеллажные блоки размером 1,4×1,4 м в 5 этажей монтируют как одно целое. Стеллажи заполняются вне помещения. Перевозка их осуществляется при помощи тележки с грузоподъемным устройством или вилочным погрузчиком — сначала в ферментационное помещение, затем в культивационное.

2. *Система разведения в ящиках* использовалась в США в подземных культивационных помещениях. Субстрат укладывают в деревянные ящики на площадке до третьей перебивки и переносят в пастеризационные камеры, где процесс пастеризации протекает в контролируемых условиях температуры и влажности. Применяют ящики размерами 120×60×20; 75×50×16; 85×65×16 и 120×70×18 см, но особенно удобны размеры 170×120×20 см. При обработке и транспортировке ящиков механизированным способом помещения можно использовать очень интенсивно. В ферментированном и выростном помещении расстояние между слоями ящиков должно быть 10 см. В Нидерландах ящики помещают на передвижные стеллажи, состоящие из пяти скрепленных между собой секций размером 1,4×1,4 м. В США шампиньоны выращивают в основном на стеллажах размерами 3,3×2 м и 30,5×1,8 м, уложенных в три—пять ярусов на расстоянии 70—80 см один от другого. Такое размещение позволяет лучше использовать помещение: в год получают 2,5—4 урожая. Неудобство состоит в трудностях, связанных с загрузкой и очисткой стеллажей (Hunte, 1973).

3. *Культивирование в мешках.* Готовый субстрат можно помещать в мешки из искусственного материала либо

сразу после окончания II фазы ферментации с последующей инокуляцией, либо после окончания фазы прорастания мицелия. Данный способ широко распространен, например, во Франции, при культивировании шампиньонов в штольнях, в Австрии, Англии, Венгрии, Австралии, США, Аргентине и других странах. Данный метод имеет те же преимущества, что и ящичный: позволяет осуществлять ферментацию в контролируемых условиях, механизировать многие виды работ. По данным А. А. Жемойц, Р. К. Орехова (1974), одной из передовых и современных шампиньоноводческих фирм является аргентинская фирма «Шампиньен грандмонт» в Темперли, которая в 1971 г. перешла от ящичной системы выращивания к культивированию в полиэтиленовых мешках и лотках. В хозяйствах этой фирмы девять культивационных помещений размерами $16 \times 4,6$ м. Под лотками и полиэтиленовыми мешками занято 1530 м^2 полезной площади. Еженедельно фирма готовит 11 т компоста с содержанием азота от 2,2 до 2,3 и влажностью 70—72%. Мешок наполняют 20 кг компоста. В культивационном помещении размещают 550—600 мешков. В помещении поддерживается влажность компоста 65—68%, а содержание азота на уровне 2,16—2,28%. После уборки урожая мешки герметически закрывают и отправляют в тепличные хозяйства для выращивания цветов. Высота мешков, как правило, не должна превышать 30 см. В них помещают 30—40 кг субстрата. На 1 м^2 помещают 2 мешка. Для более эффективного использования площади мешки можно устанавливать в 2—3 яруса. При создании оптимальных условий температуры, аэрации, влажности можно рассчитывать на выход продукции с единицы площади 20—25% к массе субстрата.

Система прессованных пакетов — усовершенствованная форма предыдущей системы в сочетании со стеллажами. При этом субстрат прессуется в угловатые блоки и запаивается в пленку. В результате прессования повышается теплопроводность субстрата, покровный слой вносится вручную, как и при культивировании в мешках. Система прессованных пакетов удобна для транспортировки субстрата, хотя остается трудоемкой.

Интенсивная система выращивания

Наиболее широкое распространение получили 3 системы интенсивного культивирования:

1. Система компактного культивирования, при которой

сооружаются очень узкие помещения, где по ширине размещается только один штабель ящиков. Воздух подается по одной продольной стороне, а отсасывается по другой. Поток воздуха можно управлять. Штабеля ящиков размещаются на направляемых по рельсам стеллажах на роликах, размеры которых совпадают с размерами ящиков. Над культивационными помещениями проходит линия сбора, на которую ящики подаются лифтом. Как только один штабель с ящиками вместе со стеллажом поднят, штабеля в культивационном помещении продвигаются вперед на длину этого штабеля с ящиками. В результате в конце помещения высвобождается столько места, чтобы отправленный вверх ящик мог после сбора урожая поместиться внизу. Этот процесс длится в течение сбора всего урожая. Линия может быть помещена над культивационным помещением в поперечном направлении и использована для уборки урожая во всех помещениях.

2. Система культивирования, основанная на принципе работы сушильной камеры. При этом транспортировка ящиков осуществляется при помощи вилопогрузчика, передвигающегося по рельсам. Воздух поступает снизу, в результате днища ящиков используются как воздухопроводы. Ширина помещения может быть произвольной. Подготовительные помещения и культивационная камера расположены на одной оси и разделяются при помощи шлюзового затвора. Поскольку ящики до уборочного центра должны проделать довольно большой путь, необходимо исключить всякие источники инфекции. Достигается это при помощи централизованного отвода отработанного воздуха и его фильтрации. В отличие от предыдущей системы субстрат здесь поступает с одной стороны, поэтому всегда должно быть свободное помещение, в котором можно расположить ящики после сбора урожая. Установка работает бесперебойно, что объясняется несложной техникой.

3. Система культивирования при помощи выдвижных ящиков была создана в Нидерландах на базе способа культивирования на стеллажах. Ящики, расположенные на стеллажах, выдвигаются и обрабатываются (заполнение ящиков субстратом, посадка грибницы, нанесение покровного грунта, уборка урожая). Перед культивационными помещениями поперечно располагается цех по предварительной обработке. Он должен быть примерно на 2 м шире длины выдвижных ящиков. Отдельные выдвижные ящики с помощью подъемной платформы обрабатываются по намеченной схеме. Недостатком этой системы является боль-

шая опасность инфицирования культур в рабочем цехе, который с трудом удастся изолировать от подготовительных помещений. Наиболее пригодна для небольших хозяйств.

4. Система культивирования тонкими слоями находится в стадии экспериментирования. Она основана на следующих рассуждениях: если с грядок с культурой толщиной 20 см урожай должен сниматься 5 раз с недельным интервалом, то слой субстрата толщиной 4 см должен дать весь свой урожай за одну волну. Это имеет особые преимущества с точки зрения механизированной уборки урожая, а также с гигиенической точки зрения. Однако для внедрения этой системы необходимо окончательно установить оптимальную толщину слоя субстрата и слоя покровной земли.

СПОСОБЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ВИДОВ РОДА ВЕШЕНКА

Виды рода вешенка относятся к семейству Pleurotaceae, порядку Agaricales, классу Basidiomycetes, отделу Mycophyta. Проблемы выращивания видов рода вешенка привлекают внимание ученых-микологов Европы, Азии и Америки. Первые попытки по выращиванию этих грибов предприняты во Франции Матрушо в 1887 г. К 1916—1917 гг. были заложены первые искусственные культуры в более крупных масштабах в Германии. Этому способствовало знание способа получения спор гриба и посадочного мицелия на питательных средах. После войны интерес к культуре вешенки ослаб, и лишь с 60-х годов в связи с появлением в Венгрии крупного промышленного производства на мировом рынке вновь появился спрос на этот гриб.

В настоящее время род вешенка, по данным R. Singer (1975), представлен 39 видами, 9 из которых являются объектами культивирования в различных странах Европы, Азии и Америки: *P. ostreatus* (Jacq: Fr) Kumm, *P. cornucopiae* (Paul: Pers). Roll, *P. pulmonarius* Fr.) Quel, *P. cyrinopileatus* (Sing) Sing, *P. eryngii* (Dc.: Fr), Quel, *P. cyttidiosus* O. K. Miller, *P. sajor caju* (Fr.) Sing, *P. Flabellatus* (Berk.: Br.), *P. eous* (Berk), Sacc. Все культивируемые виды, кроме *P. eryngii*, являются сапротрофами и растут на отмерших частях растений семейства Apiaceae. Характерной особенностью этого вида является способность переходить от сапрофитного типа питания к паразитизму (Hilber, 1982). Преимуществами видов рода *Pleurotus* перед другими культурами являются высокая скорость роста мицелия и значительная конкурентоспособность по отношению к посторонней микрофлоре, способность утилизировать из разнообразных растительных отходов сельского хозяйства и лесоперерабатывающей промышленности различные углеродсодержащие соединения, в том числе такие

труднодоступные, как целлюлоза и лигнин; относительная простота технологии выращивания, исключая длительный процесс подготовки субстрата и необходимость покровной почвы, возможность использования субстрата после сбора грибов в качестве удобрения или корма для сельскохозяйственных животных, устойчивость к бактериальным, грибным и вирусным болезням, способность без ухудшения внешнего вида и качества переносить длительное хранение и транспортировку; свойства плодовых тел (Бисько, Дудка, 1987) (рис. 4).



Рис. 4. Плодовое тело вешенки обыкновенной

Субстраты для видов рода *Pleurotus* при интенсивном культивировании

Промышленное культивирование видов рода вешенка представляет интерес в большей степени при интенсивной системе ее разведения. Интенсивные способы отличаются от экстенсивных в основном субстратом (отходы сельского хозяйства и промышленности) и временем разведения (весь процесс длится 9 недель, а не 3—5 лет). Процесс интенсивного культивирования управляем, выращивание проводится в культивационных помещениях с регулируемым микроклиматом в течение круглого года (рис. 5). В основе интенсивного культивирования видов рода *Pleurotus* находится использование целлюлозо- и лигнинсодержащих отходов сельского хозяйства и промышленности. Традиционным субстратом для большинства известных в культуре видов *Pleurotus* является солома различных злаковых культур. Первое сообщение о возможности культивирования видов рода *Pleurotus* на соломе было опубликовано в 1965 г. (Eger, 1965). В начале 60-х годов для промышленного культивирования *P. ostreatus* был предложен режим подготовки субстрата на основе соломы (Bano, Srivastava, 1962; Kalberrer, Kunsch, 1974). На соломе злаковых культур выращивают грибы рода *Pleurotus* во Франции, Ита-

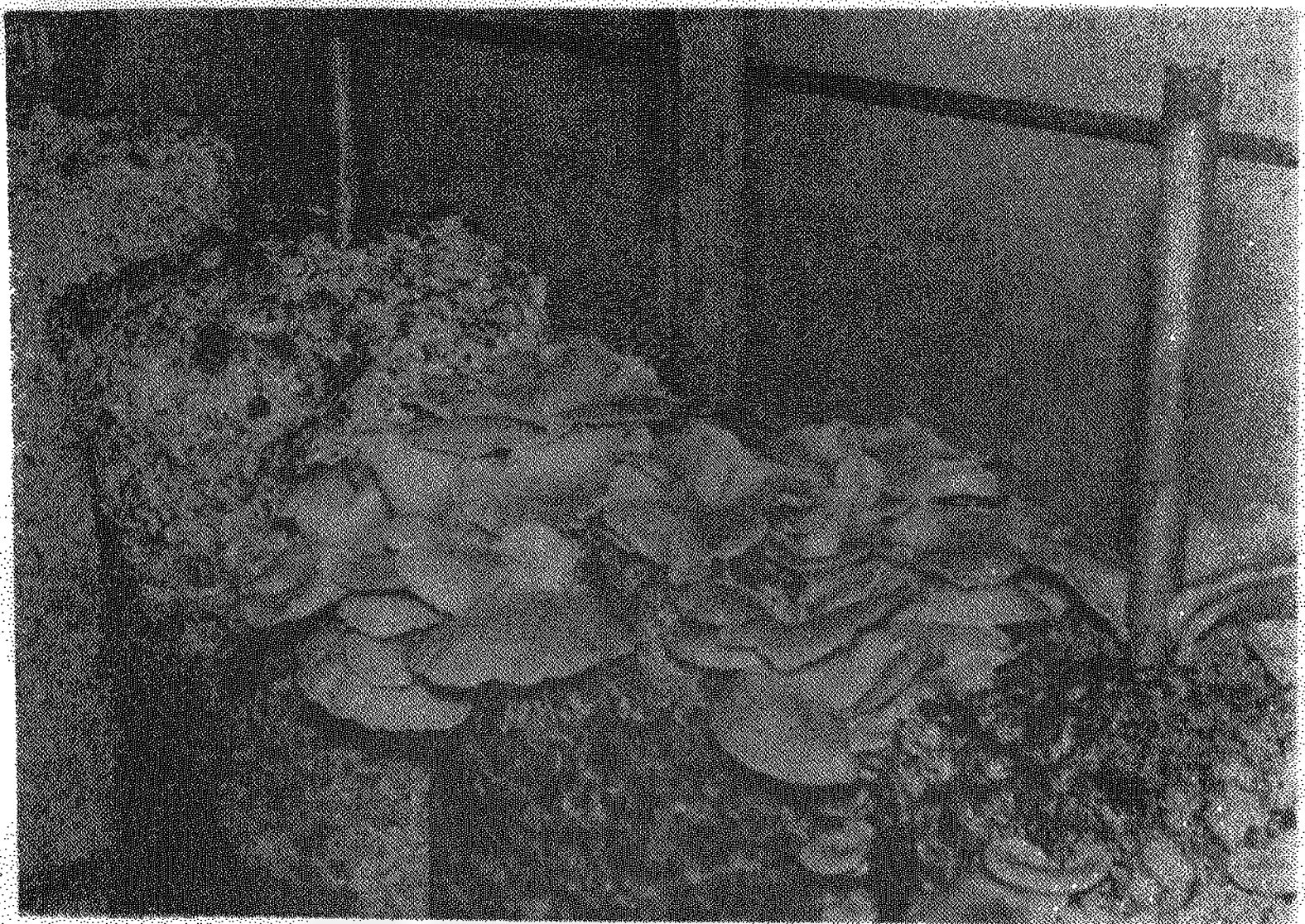


Рис. 5. Интенсивный способ культивирования вешенки обыкновенной

лии, Венгрии, Пакистане, Индии, Австралии, Японии, Израиле (Poo-Chow, 1980; Khana, Garcha, 1981; Tan, 1981; Platt et al. 1982; Zadrazil, 1982). В Италии, Венгрии, Румынии и США широко применяют кукурузные стебли и кочерыжки (Heltay, 1978, 1979; Balazs, 1979; Farr, 1983). Однако урожайность *P. ostreatus*, *P. florida* выше на пшеничной соломе, чем на кукурузных кочерыжках. Фундаментальные основы технологии приготовления субстрата и промышленного производства плодовых тел были заложены в 70-е годы (Stanek, Rysava, 1971; Zadrazil, Schneidereit, 1972; Zadrazil, 1980b; Kalberrer, Vogel, 1974a, b).

В 1979 г. была предложена новая технология интенсивного культивирования — выращивание в «высоком слое» (Flegg, 1979). Она отличалась от используемой тем, что слой субстрата достигал высоты 0,6—1 м. Преимуществом новой технологии является значительное увеличение урожая с единицы площади. В последние годы в качестве субстратов для базидиальных грибов стали использовать лесосечные отходы: щепу, опилки, кору, листья или хвою березы, бука, дуба, тополя, ели, сосны, а отходы банана текстильного — для *Lentinus edodes* (Schmidt, 1981). Хорошие результаты получены при использовании так называемой ферментированной коры хвойных деревьев, которая перед употреблением была сложена в штабеля и про-

лежала в лесу 1—3 года (Kriz et al., 1980; Bisko, Stanek, 1981).

Изучая возможность интенсивного культивирования грибов рода вешенка на вторичных растительных отходах, мы установили, что скорость роста мицелия и плодообразования грибов при выращивании на пшеничной соломе, стержнях початков кукурузы, обрезка плодовых пород деревьев определяется биологическими особенностями гриба и субстрата. При исследовании особенностей развития трех видов рода *Pleurotus* (*P. ostreatus* (Fr.) Kumm, *P. pulmonarius* (Fr.) Quel., *P. cornucopiae* (Pers) Rolland) на названных отходах сельскохозяйственного производства выявлен интенсивный рост мицелия *P. ostreatus* (Fr.) Kumm на субстратах, состоящих из стержней початков кукурузы (вариант 2) и обрезков плодовых пород деревьев (вариант 3), где уже на 2—3-и сутки после инокуляции появлялся белый паутинистый мицелий, который на 4—5-е сутки занимал 60% всей поверхности этих субстратов.

Полное прораствание субстратов грибом наблюдалось на 10—12-е сутки роста (табл. 8). Субстрат из пшеничной соломы (вариант 1) прораствал полностью мицелием гриба медленнее, в течение 13—15 суток, хотя для инокуляции всех трех субстратов использовали посевной мицелий *P. ostreatus* из одной партии. Зачатки плодовых тел *P. ostreatus* во всех трех вариантах субстратов появлялись на 20—26-е сутки роста одиночно или группами. Полностью плодовые тела формировались за 3—4 суток. Плодоношение волнообразное с интервалом 8—12 суток. За первую волну образуется 65—70% плодовых тел от общего их количества. На последующие волны приходится 30—35% плодовых тел. В среднем масса плодовых тел *P. ostreatus* из расчета на 100 кг воздушно-сухого субстрата из стержней початков кукурузы и обрезков плодовых деревьев составила 30—42 кг соответственно, а на субстрате из пшеничной соломы — 25 кг. У *P. pulmonarius* наиболее интенсивное разраствание мицелия происходило на субстрате из стержней початков кукурузы (вариант 2), на котором опущение и начало роста мицелия отмечено на 3—4-е сутки, а полное прораствание субстрата мицелием на 13—15-е сутки, тогда как на субстратах из пшеничной соломы и обрезков плодовых деревьев полное прораствание мицелием отмечено на 18—20-е сутки. Общая масса плодовых тел *P. pulmonarius* составила в среднем из расчета на 100 кг воздушно-сухого субстрата из стержней початков кукурузы 27 кг, из пшеничной соломы — 23 кг, а из обрез-

57
Таблица 8. Рост и плодоношение грибов из рода *Pleurotus* на различных субстратах

Субстрат	Культура гриба	Полное прорас- тание субстрата мицелием, сут.	Появление зачатков пло- довых тел, сут.	Появление плодовых тел, сут.	Урожай из рас- чета на 100 кг воздушно-сухого субстрата, кг
1. Солома пшеничная	<i>P. ostreatus</i>	13—15	23—26	26—29	25
	<i>P. pulmonarius</i>	18—20	21—23	25—28	23
	<i>P. cornucopiae</i>	13—15	22—24	26—28	33
2. Стержни початков кукурузы	<i>P. ostreatus</i>	10—11	20—22	24—27	32
	<i>P. pulmonarius</i>	13—15	25—27	28—30	27
	<i>P. cornucopiae</i>	16—18	26—28	29—30	25
3. Обрезки плодовых пород деревьев	<i>P. ostreatus</i>	11—12	21—23	24—26	42
	<i>P. pulmonarius</i>	18—20	24—28	26—32	17
	<i>P. cornucopiae</i>	17—19	27—29	30—32	22

ков плодовых пород деревьев — 17 кг, что соответственно ниже, чем общая масса плодовых тел *P. ostreatus* на тех же субстратах. Для *P. cornuicopiae* наиболее благоприятным для роста мицелия и плодоношения оказался субстрат из пшеничной соломы (вариант 1). При интенсивном разрастании мицелия полное прорастание субстрата из пшеничной соломы отмечено на 13—15-е сутки. Процесс формирования плодовых тел закончился за 26—29 суток после инокуляции, тогда как на субстратах из стержней початков кукурузы и обрезков плодовых деревьев он занял 29—32 суток. Общая масса плодовых тел *P. cornuicopiae* из расчета на 100 кг воздушно-сухого субстрата в среднем составила на пшеничной соломе 33 кг, на стержнях початков кукурузы — 25 кг и на обрезках плодовых деревьев — 22 кг, что соответственно ниже, чем общая масса плодовых тел *P. ostreatus*, но выше, чем общая масса плодовых тел *P. pulmonarius* на тех же субстратах. Хорошие результаты получены нами при культивировании грибов рода вешенка на виноградной лозе. После предварительного измельчения лозу обрабатывали суспензией защитных микроорганизмов *Bacillus* spp., spp., взятых в соотношении 2:1, 1:1, 1:2, после чего замачивали в воде до полного насыщения клеток. *Bacillus* spp. обладают сильно выраженными антагонистическими свойствами в отношении большого числа микроорганизмов. Они являются источниками получения антибиотических веществ, характеризуются выраженной специализацией биохимической активности, хорошо развиваются в сильнощелочной среде. Использование защитного эффекта микроорганизмов позволило в технологическом процессе упростить способ обработки субстрата, не применяя дорогостоящего способа пастеризации высокой температурой.

Субстрат из виноградной лозы, инокулированный грибами рода вешенка, на 10—12-е сутки полностью прорастал грибницей за счет ускоренного накопления комплекса питательных веществ, высокой ферментативной активности грибницы. Появление зачатков плодовых тел было отмечено на 19—23-и сутки плодовых тел — на 24—27-е сутки. Урожайность с 1 м² субстрата из виноградной лозы в течение трех вегетационных периодов составляет 73 кг (Дворнина, 1976).

Интенсивное выращивание съедобных грибов рода вешенка на отходах лесоперерабатывающей промышленности — один из перспективных путей рационального и ком-

плексного использования мелких компонентов фитомассы, остающейся после рубки лиственных пород деревьев.

С целью отбора наиболее перспективных видов рода *Pleurotus*, осуществляющих биоконверсию отходов тополя (щепа, опилки, стружка), нами были изучены культуральные и некоторые физиологические особенности следующих видов грибов: *P. ostreatus* OB-2, *P. ostreatus* N 175, *P. ostreatus* N 37, *P. florida*, *P. cornucopiae*, *P. eryngii*. Одним из важнейших показателей, по которому мы оценивали перспективность вида гриба, была скорость роста его мицелия на сусло-агаре (СА), а также на среде, приготовленной на основе отходов тополя (отвар) с добавлением минеральных компонентов. Учитывая диаметр (d), высоту (h) и плотность колонии на 2, 4, 6, 8 и 12-е сутки роста, мы установили, что к числу быстрорастущих относятся *P. ostreatus* OB-2, *P. ostreatus* N 175, *P. florida*.

Особенностью дереворазрушающих грибов, определяющей их роль в процессах разрушения древесины, является вооруженность специфическими ферментами, воздействующими на лигноцеллюлозный комплекс (Частухин, 1969). Разрушение клетчатки осуществляется с помощью фермента целлюлозы через ряд промежуточных продуктов до глюкозы, глюкоза состоит из нескольких компонентов и является адаптивным компонентом (Norkrans, 1950; Stalpers, 1978). Разрушение лигнина происходит под воздействием комплекса окислительных ферментов — полифенолоксидаз.

Для качественной идентификации оксидазных ферментов — лакказы и тирозиназы — нами использован метод цветовых реакций на поверхности мицелиальных колоний (Marr, 1979). У всех испытанных видов грибов отмечена положительная реакция на лакказу, в том числе у *P. ostreatus* N 175, специфичным субстратом для которого является тополь.

При культивировании на агар-солодовой среде с добавлением в нее 0,2% танина установлена способность исследуемых видов разлагать лигнин. Грибы, участвующие в разложении лигнина, выделяют в среду фенолоксидазу, что сопровождается появлением вокруг мицелиальной колонии темного кольца. Активными продуцентами пероксидазы являются *P. ostreatus* N 175, *P. florida*, *P. cornucopiae*. У остальных исследуемых видов установлена невысокая активность выделения пероксидазы (*P. ostreatus* OB-2, *P. ostreatus* N 37) или она вообще отсутствовала (*P. eryngii*, *P. salignus*).

Подготовка субстратов

Суть процесса интенсивного выращивания видов рода вешенка заключается в следующем: субстрат размельчали за 1—2 дня или в день использования, увлажняли до 65—70%, одновременно вакцинируя защитной микрофлорой. Микрофлору вносили в виде заранее приготовленной суспензии из расчета 5 л/ц сырья. При необходимости регулирования рН в 100 л увлажняющей воды растворяли 0,7—1 кг жидкой гашеной извести. Затем осуществляли стерилизацию как один из способов защиты от вредителей и болезней.

В основе подготовки субстратов при интенсивном культивировании видов рода вешенка лежит частичная деградация растительных отходов, содержащих целлюлозу и лигнин.

В настоящее время известны несколько способов обработки субстратов.

Ферментация. В субстрат одновременно вводятся тепло и свежий воздух, в результате чего создаются благоприятные условия для размножения термофильных микроорганизмов, осуществляющих накопление питательных веществ в легкоусвояемой форме для культурного гриба. Кроме того, термофильные микроорганизмы выделяют продукты обмена веществ антимикробного действия, препятствующие развитию патогенной микрофлоры, создавая бесконкурентную среду для грибов рода *Pleurotus*.

При исследовании условий ферментации на активность микроорганизмов мы установили, что температуру воздуха в помещении необходимо поднять в возможно короткий срок до 50—55°C и удерживать на таком уровне 8—12 ч. В течение этого времени температура в субстратах достигает пика 60—65°C. Влажность субстрата должна быть не ниже 70 и не выше 80%. В первом случае из-за недостатка влаги замедляются микробиологические процессы. Во втором случае активизируется жизнедеятельность анаэробных гнилостных бактерий и ферментация нарушается. За «пиком» тепла следует постепенное охлаждение субстрата до 45—58°C в течение 48—72 ч. Эта температура благоприятна для размножения термофильной микрофлоры, продукты обмена которой оказывают противомикробное действие на патогенную микрофлору. Однако при ферментации субстратов происходит только частичная стерилизация, при которой в основном уничтожаются вегетативные формы

микроорганизмов, стойкие же их формы при этом не затрагиваются.

Термообработка. Способ предусматривает ступенчатый двухкратный нагрев субстратов до 60—80°C и постепенное их охлаждение. Термическая обработка занимает немного времени, осуществляется практически без потерь сухой массы субстрата (Schmaus, 1972; Zadrazil, 1973).

Известен также способ обработки субстратов горячей водой (Delmas, Laborde, 1974). Более эффективно трехкратное замачивание субстратов с постепенным охлаждением. Увлажнение массы субстратов происходит при постоянном перемешивании материала. Система сконструирована так, что количество воды, поглощаемое субстратом, восполняется из источника свежей воды. Целесообразно в воду добавлять дезинфицирующий препарат типа фундазола, а также суспензию защитных микроорганизмов.

Самым современным способом обработки субстратов является обработка путем массообмена. Это промышленный способ, преимуществом которого является механизация отдельных процессов, а также равномерный нагрев субстрата во всей его массе путем подачи смеси пара и воздуха под давлением. Температура субстрата регулируется количеством подаваемого пара и воздуха. Температуру при нагреве повышают до 70°C и выдерживают ее в течение двух часов для уничтожения патогенных микроорганизмов. Спустя 2 ч температуру снижают до 55°C и выдерживают на таком уровне 72 ч. Охлаждается субстрат около 12 часов (Balazs, Gyurko, Koronczy et al., 1973).

Модификацией стерилизации субстрата в массе является его обработка в замкнутой системе. Такой системой, известной в шампиньоноводстве, может служить вращающийся барабан. Вместимость смесительного барабана до 30 м³, его высота 7—7,5 м, диаметр 2,2—2,4 м. На продольной оси располагается ворошильное устройство и лопасти мешалки, расстояние между которыми 0,5—0,6 м. На крышке смесительного барабана имеются отверстия для водоподачи, вытяжной вентиляции и дистанционного термометра. Модифицируя известные способы обработки субстратов, мы укладывали их в штабеля размерами 10××2,5×1,2 м. Такие размеры обеспечивают равномерность увлажнения. Увлажняли субстрат с помощью автоматической дождевальнoй установки до 70—75% (расчет воды составляет 120—150 л/ц сырья), внося при этом чистую культуру защитных микроорганизмов из рода *Bacillus* и *Pseudomonas* из расчета 5 л суспензии/ц сырья. Под штабелем

помещали трубу, по обеим сторонам которой располагаются отверстия диаметром около 0,4 см для выхода пара. Продолжительность обработки субстрата паром и температуру устанавливали в зависимости от цели обработки, вида субстрата. Субстрат накрывали жаростойким пластиковым брезентом во избежание утечки тепла.

Преимуществом данного метода являются невысокие затраты, надежная защита субстрата от патогенной инфекции, подавляемой чистой культурой защитных микроорганизмов. Однако этот метод трудоемкий. В наших условиях приемлемым оказался и способ обработки субстратов горячей водой. Температура воды равна 65—70°C. Равномерность прогревания контролировали термометром, помещая его в различные зоны и глубину субстрата.

Перед замачиванием субстратов в воду вливали суспензию защитных микроорганизмов, а также при необходимости регулирования pH — известковое молоко. Подогретый субстрат выдерживали при температуре, близкой к 55°C, в течение 24 ч. Превышение температуры ведет к потере питательных веществ и тормозит размножение защитных микроорганизмов. При установлении температуры 28—30°C после постепенного охлаждения хорошо перемешанный однородный по влажности субстрат раскладывали в ящики или пленочные мешки (40×60 см). Когда температура в субстрате опускалась до 20—25°C, приступали к инокуляции. Количество вводимой грибницы составляло 1/20 часть объема субстрата.

Изменения состава субстратов при интенсивном культивировании видов рода вешенка

При изучении количественных изменений азота в исходных субстратах, в полностью заросших мицелием на 10—12-й день после инокуляции, а также после сбора урожая грибов нами установлено, что в процессе зарастания субстратов мицелием количество азота в них увеличивается по сравнению с исходными компонентами на 0,20%. Особенно интенсивное накопление азота отмечено на пшеничной соломе и кукурузных кочерыжках (табл. 9). В вариантах из обрезков плодовых пород деревьев и виноградной лозы также наблюдали увеличение содержания азота к моменту зарастания субстратов мицелием по сравнению с исходным субстратом, однако это накопление было ниже, чем в предыдущих субстратах. Увеличение азота на

± Таблица 9. Содержание азота в субстратах в процессе культивирования грибов рода вешенка, ‰ на абсолютно сухую массу

Вид гриба	Исходный субстрат				Субстрат, заросший мицелием				Субстрат после сбора грибов			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Общий азот												
P. ostreatus	0,53	0,72	0,45	0,40	0,67	0,88	0,55	0,63	0,93	0,97	0,65	0,67
P. cornucopiae	0,53	0,59	0,37	0,40	0,73	0,93	0,45	0,55	0,87	1,08	0,57	0,69
P. pulmonarius	0,55	0,65	0,39	0,40	0,78	0,80	0,51	0,58	0,95	0,92	0,60	0,62
Азот белковый												
P. ostreatus	0,28	0,40	0,25	0,20	0,50	0,80	0,43	0,32	0,18	0,35	0,32	0,38
P. cornucopiae	0,25	0,30	0,20	0,18	0,38	0,52	0,44	0,47	0,49	0,38	0,63	0,53
P. pulmonarius	0,27	0,32	0,18	0,22	0,43	0,54	0,24	0,38	0,69	0,62	0,37	0,46

Примечание. Здесь и в табл. 10: 1 — пшеничная солома; 2 — стержни початков кукурузы; 3 — виноградная лоза; 4 — обрезки плодовых пород деревьев.

стадии зарастания их мицелием определялось в основном составом субстратов, строением их структурных частиц, а также ферментативной активностью развивающейся грибницы.

Анализ образцов субстратов после сбора урожая грибов показал, что тенденция к увеличению содержания общего азота по сравнению с исходным остается. Так, в отработанных субстратах количество общего азота превышало исходное в среднем на 0,25—0,35% в зависимости от состава субстрата. Однако это увеличение было меньше, чем в стадии обрастания субстратов мицелием. Объяснить это можно тем, что в процессе развития мицелия, формирования плодовых тел определенная доля азота была израсходована, хотя в целом обогащение отработанных субстратов азотом было в 1,5—2 раза больше по сравнению с исходными. F. Zadrazil (1975, 1977) также отметил увеличение азота во всех опытах по культивированию *P. ostreatus*, *P. florida* на стерильной пшеничной соломе. За период от 44 до 120 суток культивирования содержание азота в субстрате возрастает в зависимости от вида гриба на 32—82%. Автор считает, что это увеличение связано с потерями сухой массы субстрата. В то же время для *P. flobellatus* описано уменьшение содержания азота в процессе роста мицелия (Rajaratnam, 1979), особенно значительное в фазе образования плодовых тел (Бисько, Дудка, 1987).

Грибы рода *Pleurotus*, являясь дереворазрушающими грибами, питаются за счет углеродсодержащих компонентов. При интенсивном культивировании грибов рода вешенка в качестве питательных субстратов мы использовали отходы сельскохозяйственного производства: солому пшеничную, кукурузные кочерыжки, виноградную лозу, обрезки плодовых пород деревьев. В состав данных компонентов входят труднодоступные для грибницы гриба сложные полимеры: целлюлоза и лигнин. Виды рода *Pleurotus* при выращивании на растительных субстратах способны разрушить оба компонента — целлюлозу и лигнин — благодаря мощной ферментативной системе.

Изучая динамику разложения этих соединений, мы установили зависимость степени разложения целлюлозы и лигнина от состава субстрата, видовой принадлежности гриба, а также фазы развития культуры.

Наибольшая степень разложения целлюлозы и лигнина отмечена нами в фазе полного обрастания субстратов мицелием для *P. ostreatus* в вариантах с пшеничной соломой и стержнями початков кукурузы, а для *P. cornucopeiae*,

88 *Таблица 10.* Динамика разложения целлюлозы и лигнина в субстратах в процессе культивирования грибов рода *вешенка*, %

Вид гриба	Исходный субстрат				Субстрат, заросший мицелием				Субстрат после сбора грибов			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<i>Целлюлоза</i>												
<i>P. ostreatus</i>	36,5	38,2	45,3	48,7	28,3	30,0	40,9	38,7	25,4	27,8	37,3	32,5
<i>P. cornucopiae</i>	37,2	39,9	44,2	49,3	26,0	29,4	37,3	39,8	24,2	22,4	29,7	28,8
<i>P. pulmonarius</i>	36,7	38,8	44,3	48,8	25,0	27,8	35,3	32,9	22,4	21,3	28,1	26,4
<i>Лигнин</i>												
<i>P. ostreatus</i>	27,8	29,5	30,7	32,8	23,5	27,4	28,3	27,7	20,0	22,7	24,7	20,1
<i>P. cornucopiae</i>	26,7	28,5	30,0	33,9	22,4	21,6	26,7	26,5	19,8	18,4	24,4	22,7
<i>P. pulmonarius</i>	29,7	28,8	32,4	29,9	25,4	25,7	28,4	25,4	22,7	20,8	23,3	21,8

P. pulmonarius — в отработанных субстратах после сбора урожая. На виноградной лозе и обрезках плодовых пород деревьев для всех исследуемых видов отмечено равномерное разложение целлюлозы и лигнина с увеличением процента потерь в отработанных субстратах по сравнению с исходными.

Неравномерность разложения субстратов в зависимости от вида культуры объясняется скоростью роста гриба, а также наличием лигнина и его соединением с полисахаридной частью клеточных оболочек древесины. Бактерии могут разлагать целлюлозу древесины только в том случае, если содержание лигнина снизится до 1%. На первом этапе разложения базидиальные грибы, по-видимому, разрушают лигноцеллюлозные связи, и отдельные составные части древесины становятся, таким образом, более доступными для их гидролитических или окислительных энзимов. Но все же древесину с меньшим содержанием лигнина они разлагают легче (Рипачек, 1967). Подтверждением тому служат наши исследования (табл. 10).

ГРИБЫ РОДА PLEUROTUS В ГЛУБИННОЙ КУЛЬТУРЕ

Выращивание мицелия базидиальных грибов в глубинной культуре рассматривается в качестве одного из возможных путей получения пищевого и кормового белка.

Максимальной скоростью роста среди базидиомицетов обладают дереворазрушающие грибы. Исследования показали, что многие виды дереворазрушающих базидиальных грибов, как съедобных, так и не имеющих пищевого значения, способны интенсивно развиваться в условиях глубинного культивирования. Среди базидиальных грибов проведен отбор культур, способных интенсивно образовывать биомассу на средах, содержащих различные отходы промышленности и сельского хозяйства. Подавляющее большинство активных культур относится к возбудителям белой гнили древесины. В связи с этим перспективными объектами для глубинного культивирования являются грибы рода вешенка.

Большая роль при глубинном культивировании высших съедобных грибов отводится составу питательных сред. Уже в первых работах по глубинному культивированию отмечалось, что лучший рост их происходит на субстратах, особенно содержащих органические соединения азота. Кроме того, известно, что углерод является важным элементом питательных сред, способствующих накоплению биомассы. В качестве питательных сред могут быть использованы промышленные отходы при производстве фруктовых соков, молочная сыворотка, кукурузные отходы, тыквенный экстракт, сульфитные щелока и т. д. (Jennison, Newcomb, 1955; Stark, 1955). Хороший рост и активное накопление грибной биомассы отмечены на средах с отходами переработки картофеля и молочной сывороткой (Капич, 1984). Показана возможность культивирования базидиальных грибов, в частности рода вешенка, на гидролизатах древесины в глубинной культуре. Выход сухого мицелия при этом составил 22—38,6% (Гусарова, Низковская, 1972). С целью расширения сырьевой базы промышленного получения мицелия высших грибов исследована возможность

культивирования *P. ostreatus* на комплексных средах — отходах пищевой промышленности. Предварительная обработка сред, приводящая к гидролитическому расщеплению белковых и углеродных компонентов, способствует увеличению выхода мицелия и содержания белка в нем. Изучение динамики потребления грибами углеводов и органических низкомолекулярных азотсодержащих компонентов среды показало преимущественное потребление последних, что сопровождалось выделением протеолитических ферментов в среду (Таратутина, Тарасова, 1985)). По данным Н. Н. Фалиной и др. (1965), продукция сухого мицелия на среде с солодовым экстрактом составляла 7,7 г абсолютно сухой массы на 1 л питательной среды, по данным В. Р. Eddy (1958) — 11 г/л. У Т. Ф. Sugihara, Н. Humfeld (1954) максимальный выход сухого мицелия достигал 20—25 г/л. Т. Sugimori et al. (1971) на синтетической среде с этанолом получили до 10 г/л мицелия вешенки (Бисько и др., 1983).

Известно, что в качестве добавок к питательным средам при глубинном культивировании используют мелкодисперсные компоненты, не принимающие участия в метаболизме, как, например, агар, CaCO_3 . Практикуется добавление к средам отваров некоторых кормовых растений в 0,1%-й концентрации. Активное накопление биомассы вешенки обыкновенной в глубинных условиях происходит на жидком пивном сусле, которое является стандартной питательной средой при культивировании базидиальных грибов. При подборе компонентов питательных сред для глубинного культивирования базидиальных грибов исходят прежде всего из соотношения углерода и азота. Гриб, развивающийся на простой синтетической среде, содержащей лишь один источник углерода, должен синтезировать из компонентов среды множество химических соединений. Вероятно, что в этих условиях рост гриба не может происходить достаточно быстро. На средах, содержащих несколько различных источников углерода и азота, биохимическая активность может проявляться с большей интенсивностью, так как некоторые из промежуточных соединений, необходимых для синтеза, уже содержатся в среде в готовом виде (Бисько и др., 1983). Однако на скорость накопления грибной биомассы вешенки обыкновенной существенное влияние оказывают микроэлементы, комплекс витаминов, азотсодержащие вещества, естественные стимуляторы, отходы пищевой промышленности. Сообщается, что

мицелий *Pleurotus ostreatus* интенсивно развивается на среде, содержащей в качестве источника углерода остатки хлеба (Zadrazil, 1980). При культивировании гриба в ферментере максимальный выход мицелиальной биомассы и протеина достигал 18—21 и 8—10 г/л соответственно.

Наряду с крахмалсодержащим сырьем для глубинного культивирования мицелия дереворазрушающих базидиомицетов могут быть использованы и другие отходы переработки растительного сырья. При изучении возможности получения грибной биомассы вешенки обыкновенной на жидких питательных средах мы исследовали рост мицелия *P. ostreatus*, *P. ostreatus* OB-2, *P. florida*, *P. cornucopiae*, *P. pulmonarius*, *P. ostreatus* N 175, *P. eryngii* в глубинной культуре. Скорость накопления мицелиальной биомассы мы исследовали в динамике на качалке и в ферментере. В отличие от качалки культивирование в ферментере позволило точнее установить время лаг-фазы для исследуемых культур, начало ускорения роста, а также экспоненциальную фазу. Для большинства изучаемых видов (*P. ostreatus*, *P. ostreatus* OB-2, *P. florida*) лаг-фаза длилась 18—22 часа, после чего наблюдалось ускорение роста, выраженное в более интенсивном накоплении, загустении среды и уплотнении мицелиальной биомассы. Кроме того, выход биомассы в этот период был наиболее высоким — от 2,63 до 8,75 г/л абсолютно сухого мицелия в зависимости от штамма. Нарастание биомассы продолжалось и после 72 часов. Однако скорость несколько снижалась после 48—50 часов по сравнению с началом фазы ускорения. Объясняется это истощением питательной среды, уплотнением мицелиальной биомассы. Кроме того, биомассой обрастали стенки ферментера, мешалка, что влияло на скорость ее вращения. В состав питательных сред входили источники азота в виде пептона, мочевины, источники углерода — крахмал, глюкоза, в качестве ростстимулирующих добавок использовали дрожжевой автолизат, кукурузный экстракт. Кроме того, в качестве компонентов питательных сред нами использовались отвары виноградной лозы, картофеля, отруби, глицерин, минеральные добавки. Окончательный учет биомассы по абсолютно сухой массе проводили на 12-е сутки роста. Накопление биомассы в процессе глубинного культивирования исследуемых культур на различных по составу средах на 12-е сутки роста показано в табл. 11.

Из данных табл. 11 следует, что накопление мицелиальной биомассы происходило неравномерно на различных

Таблица 11. Рост грибов рода вешенка в глубинной культуре на 12-е сутки

Штамм		Среда			
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
P. ostreatus	К	4,25°	5,17	6,15	3,57
	Ф	5,65	4,25	5,56	3,63
P. ostreatus OB-2	К	5,18	5,65	3,55	4,10
	Ф	6,45	4,13	4,27	4,20
P. florida	К	4,29	6,35	7,20	5,82
	Ф	6,45	4,34	4,30	6,15
P. pulmonarius	К	+	1,18	1,32	1,24
	Ф	+	0,97	1,48	1,94
P. cornucopiae	К	0,34	—	2,04	2,32
	Ф	1,67	—	1,64	2,63
P. eryngii	К	+	—	1,87	2,36
	Ф	+	—	1,92	1,97
P. ostreatus № 175	К	2,68	—	1,34	2,49
	Ф	+	—	1,47	4,20

Примечание. Среда № 1 — 6°Б сусло; № 2 — сахароза, отвар виноградной лозы, дрожжевой автолизат, агар, минеральные соли; № 3 — сахароза, виноградные опилки, соевая мука, крахмал; № 4 — глицерин, соевая мука, пептон, крахмал, минеральные соли; + — наличие роста — — рост в условиях эксперимента отсутствует; ° — биомасса (г/л); К — качалка; Ф — ферментер.

по составу средах. Более высокий выход абсолютно сухой биомассы (г) на 1 л среды был получен на средах № 3 и № 4 (штамм P. ostreatus, P. ostreatus OB-2, P. florida). На среде № 2 хорошим ростом и высоким накоплением биомассы отличались те же штаммы. Для P. cornucopiae, P. eryngii, P. ostreatus N 175 среда № 2 оказалась непригодной, эти штаммы на ней не росли. На среде № 1 (контроль) хорошо росли и накапливали биомассу штаммы P. ostreatus, P. ostreatus OB-2, P. florida. Культивирование P. pulmonarius, P. eryngii на сусле не дало положительного результата, хотя наличие роста для этих штаммов было отмечено. Таким образом, возможность и скорость накопления грибной биомассы определяется рядом факторов: условиями культивирования, составом среды, видом гриба.

В качестве компонентов питательных сред для выращивания глубинного мицелия дереворазрушающих грибов могут быть использованы углеродсодержащие отходы промышленности и сельского хозяйства. В последнее время наиболее широкое распространение в качестве сырья получила меласса.

В наших исследованиях при глубинном культивировании изучаемых видов рода вешенка на средах, содержа-

щих мелассу, концентрация биомассы на 6-е сутки роста составляла 12,3—22,5 г/л в зависимости от штамма гриба.

Исследованиями А. Н. Капич и др. (1980) установлено, что многие дереворазрушающие базидиальные грибы способны развиваться на средах с мелассой в качестве единственного источника питания. Интенсивный рост грибов на средах с мелассой обуславливается их способностью активно использовать сахарозу — основной углеводный компонент мелассы.

L. Vano (1972) для глубинного культивирования гриба *Pleurotus flabellatus* использовал среды с водным экстрактом овсяной муки, пшеничных отрубей, такиока, шелухи гороха и рисовых отрубей. Максимальную концентрацию биомассы получали на 8-е сутки на средах с водным экстрактом овсяной муки и пшеничных отрубей: 5,4 и 4,6 г/л, содержание сырого протеина составляло 13,1 и 15% соответственно. На средах с такиоком концентрация биомассы была низкой (2,2 г/л), несмотря на высокое содержание углеводов. Наряду с крахмалсодержащим сырьем для глубинного культивирования мицелия дереворазрушающих базидиомицетов могут быть использованы и другие отходы переработки растительного сырья.

Большой интерес представляет способность дереворазрушающих базидиомицетов расти на жидких средах, содержащих в качестве источника углерода твердые лигноцеллюлозные субстраты. Расщепление субстрата при этом протекает за счет действия внеклеточных гидролитических ферментов, а освободившиеся моносахара используются грибом для метаболических процессов.

В работах А. I. Daugulis, D. H. Bone (1977, 1978) показана возможность получения микробного белка путем выращивания дереворазрушающих грибов на средах, содержащих кору деревьев, подвергнутую предварительной щелочной обработке 1%-м раствором NaOH. Максимальный выход белка получен на 4-е сутки роста — 113—116 мг/г коры.

В качестве источника углерода в средах для выращивания *P. ostreatus* С. Н. Shien et al. (1980) используют рисовую солому и шелуху. Калчев, Плачкова (1976—1978) выращивают мицелий вешенки в глубинной культуре на средах с бумагой, древесиной дуба, кукурузными кочерыжками или веточками от виноградных гроздьев. Для развития дереворазрушающих базидиомицетов в глубинной культуре необходимы витамины, аминокислоты, интенсифицирующие процессы роста и образования белка. Источника-

ми факторов роста являются отходы растениеводства и животноводства: меласса, растительные отвары, молочная сыворотка, концентрат клеточного сока картофеля, водный экстракт солодки, растительное масло. Стимуляторами роста являются также кукурузный экстракт, который в более высоких концентрациях может служить источником органического азота, как и дрожжевой экстракт, пептон и гидролизат казеина (Kurtzman, 1976; Ginteroya, Janotkoya, 1981).

Существуют разные точки зрения на вид посевного мицелия, вносимого в жидкие питательные среды для глубинного культивирования. В Японии мицелий гомогенизируют до отдельных гиф и агрегатов размером 50—1000 мкм, а количество гомогенизированной культуры, вносимой в питательную среду, составляет 0,01—0,2 г/л.

В США разработан способ получения монокариотического мицелия базидиальных грибов, предусматривающий механическую обработку дикариотического мицелия, в частности срезанием или размалыванием при помощи мешалки, гомогенизатора или стеклянных шаров с одновременным или последующим глубинным культивированием. Указывается, что скорость роста получаемого монокариотического мицелия выше, чем дикариотического.

Нами экспериментально установлено, что процесс накопления биомассы при глубинном культивировании грибов рода вешенка значительно возрастает при внесении посевного мицелия после предварительного измельчения на гомогенизаторе, хотя этот процесс часто нарушает стерильность инокуляции. Однако гомогенизированное измельчение мицелия способствует увеличению точек роста, что в конечном итоге интенсифицирует процесс глубинного культивирования мицелия базидиомицетов.

Мицелий дереворазрушающих грибов, полученный при глубинном культивировании, можно использовать в качестве источника пищевого белка, а также кормового белка. В связи с этим на первый план при оценке биомассы выдвигаются такие показатели, как содержание белка и его биологическая ценность (Морозова, Высоцкий, 1978; Бисько, Бухало, 1983).

Содержание сырого протеина и истинного белка в мицелии грибов рода вешенка, выращенного на жидких питательных средах, составляет 40—50 и 30—40% соответственно. Белок мицелия этих грибов характеризуется биологической ценностью и переваримостью.

Переваримость является важным показателем, характеризующим пищевую ценность мицелия грибов рода вешенка. В результате наших исследований выявлено, что переваримость *in vitro* белков грибных биомасс, полученных при выращивании *P. ostreatus*, *P. ostreatus* ОВ-2, *P. florida* на различных по составу средах, находилась в пределах 59,3—79,4%. Мицелий базидиальных грибов содержит все незаменимые аминокислоты (Фалина, Андреева, 1965; Worgan, 1968; Шиврина, Низковская, Фалина, 1969), однако их количественное соотношение подвержено значительным колебаниям. Некоторые исследователи отмечали недостаток валина, лейцина и триптофана (Фалина и др., 1965).

Известны работы, в которых показано, что мицелий некоторых дереворазрушающих грибов отличается более высоким содержанием метионина и триптофана по сравнению с плесневыми грибами (Фалина, Ступак, 1965; Маслова, 1978). В некоторых случаях содержание в белках мицелия вешенки обыкновенной и зимнего гриба может превышать эталонные нормы ФАО (Бухало, Пархоменко, 1975; Shieh et al., 1980).

Различия в аминокислотных составах биомасс базидиальных грибов обусловлены условиями культивирования, составом среды, возрастом культуры. Исследуя аминокислотный состав грибов рода вешенка, мы установили, что их белок содержит 15 аминокислот, в том числе незаменимые. В составе связанных аминокислот исследуемых грибов доминирующими оказались аспарагиновая, глутаминовая кислоты. Отличительной особенностью грибов рода *Pleurotus* являлось повышенное содержание пролина — 8,26—9,96% от суммы аминокислот.

Для всех видов исследованных грибов характерно высокое содержание незаменимых аминокислот: лейцина, фенилаланина и особенно гистидина, количество которого находилось в пределах 12,11—15,69% от суммы аминокислот. У отдельных штаммов отмечено значительное количество изолейцина: *P. florida* — 6,21, *P. ostreatus* — 2,65%.

Таким образом, базидиальные грибы — перспективные продуценты белка и незаменимых аминокислот. Получение грибной биомассы в условиях глубинного культивирования при создании оптимальных условий аэрации, механического перемешивания является дешевым, доступным способом получения высококачественного продукта пищевого и кормового назначения.

ОПЕНОК ЗИМНИЙ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Зимний гриб, фламмулина бархатисто-ножковая, относится к семейству Tricholomataceae, порядку Agarikales, классу Basidiomycetes. Вид съедобного гриба, произрастающего на всех континентах земного шара. Впервые способ выращивания гриба в искусственных условиях был запатентован в Японии на отходах деревопереработки. С 1956 г. культивирование опенка зимнего в Японии получило промышленную основу.

Мировое производство опенка зимнего в 1968 г. составило 10 тыс. т в год, в 1974 г. — 30, в настоящее время — 50 тыс. т. В отличие от других съедобных грибов зимний гриб растет только зимой, причем глубокой зимой — с последней декады ноября и до начала марта, когда отсутствуют другие виды грибов. Искусственно выращиваемые грибы рода *Flammulina* значительно быстрее растут по сравнению с другими видами грибов. Кроме того, зимний гриб характеризуется довольно высокой питательной ценностью, способностью синтезировать биологически активные вещества (Псурцева, 1983).

Особенности культивирования опенка зимнего

В искусственных условиях опенок зимний можно выращивать как экстенсивным, так и интенсивным методами. Однако экстенсивное выращивание опенка зимнего на древесных чурках широкого распространения не получило из-за низкого качества плодовых тел и неудовлетворительной урожайности. Установлено преимущество интенсивного выращивания опенка зимнего в регулируемых условиях (Omory, Tokichi, 1977).

Наиболее подходящим сырьем являются опилки лиственных деревьев: березы, тополя, ольхи. В Японии для промышленного культивирования используют опилки криптомерии и сосны. Предпочитают использование не

свежих опилок, а хранившихся полгода — год, что обеспечивает лучшее впитывание влаги и усвоение. В качестве добавок в основной субстрат вносят обезжиренные рисовые отруби в соотношении 3:1, пивную дробину, кукурузную кочерыжку, рисовую шелуху с дробленой структурой волокон после вспучивания и размягчения, костную муку, кукурузный шрот, пепел, минеральные азотные добавки.

Опенок зимний обладает набором ферментов, способных разлагать не только целлюлозу, но и лигнин. В связи с этим в качестве субстрата для культивирования гриба можно использовать и отходы растениеводства, содержащие лигнин: резаная солома, соломенная мука с добавкой торфа и известняка.

В качестве среды для культивирования используют отходы бумажной промышленности — сульфатную пульпу и кору в смеси с рисовыми отрубями. Увеличение содержания рисовых отрубей повышало и выход плодовых тел. Грибы, выращенные на смеси отходов коры с рисовыми отрубями при соотношении компонентов 1:1, дают более высокий урожай, чем на опилках (Omogu, Tokichi, 1977).

Смеси хорошо перемешивают, доводят влажность до 67—70%. При выращивании опенка зимнего на опилочном субстрате с добавлением дополнительных источников питания, где опилки составляют 60—75% субстрата, последний обеспечивает хорошую приживаемость грибницы и плодообразование гриба. Однако отмечена активная приживаемость на веточном субстрате в смеси с опилками без дополнительного источника питания. Сырая масса плодовых тел достигает 20—30% массы субстрата (Gramss, 1975; Tokimoto, Keisuke, 1977; Steineck, 1981).

Для интенсивного культивирования опенка зимнего используют различные емкости: стеклянные банки (0,5—2 л), полиэтиленовые пакеты (60×60 см), деревянные ящики (60×60×10 см), пластмассовые бутылки емкостью 1 л, полипропиленовые банки объемом 800—1000 мл.

Емкости заполняют субстратом, закрывают пробками или крышками. Режим стерилизации: 4 часа при 95°C или 1 час при 120°C и давлении 1,5 атм. Однократная стерилизация может быть неэффективной, поэтому ее повторяют через сутки. Термическая обработка сдерживает рост конкурирующих микроорганизмов, кроме того, действие повышенных температур уменьшает прочность древесных компонентов субстратов, обеспечивает более высокую доступность для роста мицелия и его плодоношения.

Стерильный охлажденный субстрат инокулируют мицелием гриба — 5% от массы субстрата. Субстрат прорастает в течение 20—23 суток в термостатной комнате с относительной влажностью воздуха 65% при 20—25°C.

Проведенные нами исследования показали, что оптимальная температура роста мицелия 22—26°C, однако он способен расти и при 3—4°C. При 32—34°C рост мицелия еще возможен, критическим порогом считается 37—39°C. Практически рост мицелия возможен в условиях комнатной температуры при влажности около 65% и хорошей вентиляции.

Когда мицелий осваивает 9/10 всего объема субстрата, крышки и пробки с емкостью снимают, посевной материал и емкости переносят в темное помещение при 10—12°C и относительной влажности 80—85%. Через 10—14 дней в этих условиях образуются зачатки плодовых тел — примордии. В это время нужно обращать особое внимание на поддержание нужной влажности воздуха. При избытке влаги на поверхности субстрата появляются янтарные капли, при недостатке мицелий поднимается над поверхностью в виде белого пуха.

Формирование примордиев происходит при пониженной температуре. По некоторым данным, при 15°C этот процесс занимает около 15 часов. Плодообразование наступает через 12—14 суток. Если температура выше или ниже, урожай задерживается. Таким образом, для вегетативного роста гриба подходит температура 22—25°C, а для получения урожая — 10—15°C.

Однако здесь имеются некоторые тонкости. При 10—15°C плодовые тела растут быстро, но они получаются тонкими, вытянутыми и качество их считается низким. Поэтому рост плодовых тел необходимо контролировать с момента разделения примордия на шляпку и ножку и до того, когда длина ножки достигнет 20—30 мм, температуру поддерживают на уровне 3—5°C и создают ток воздуха 3—5 м/с. В результате плодовые тела получаются плотными и сухими. Этот период продолжается 5—7 суток. Затем температуру повышают до 5—8°C и поддерживают влажность на уровне 75—80%. В этих условиях плодовые тела созревают (рис. 6).

Примордии зимнего гриба развиваются в темноте, а плодовые тела только на свету. Для плодообразования грибу достаточно обычного рабочего освещения — до 50 лк. В то же время при созревании плодовых тел освещение вызывает пожелтение шляпок и даже покоричневение. К то-

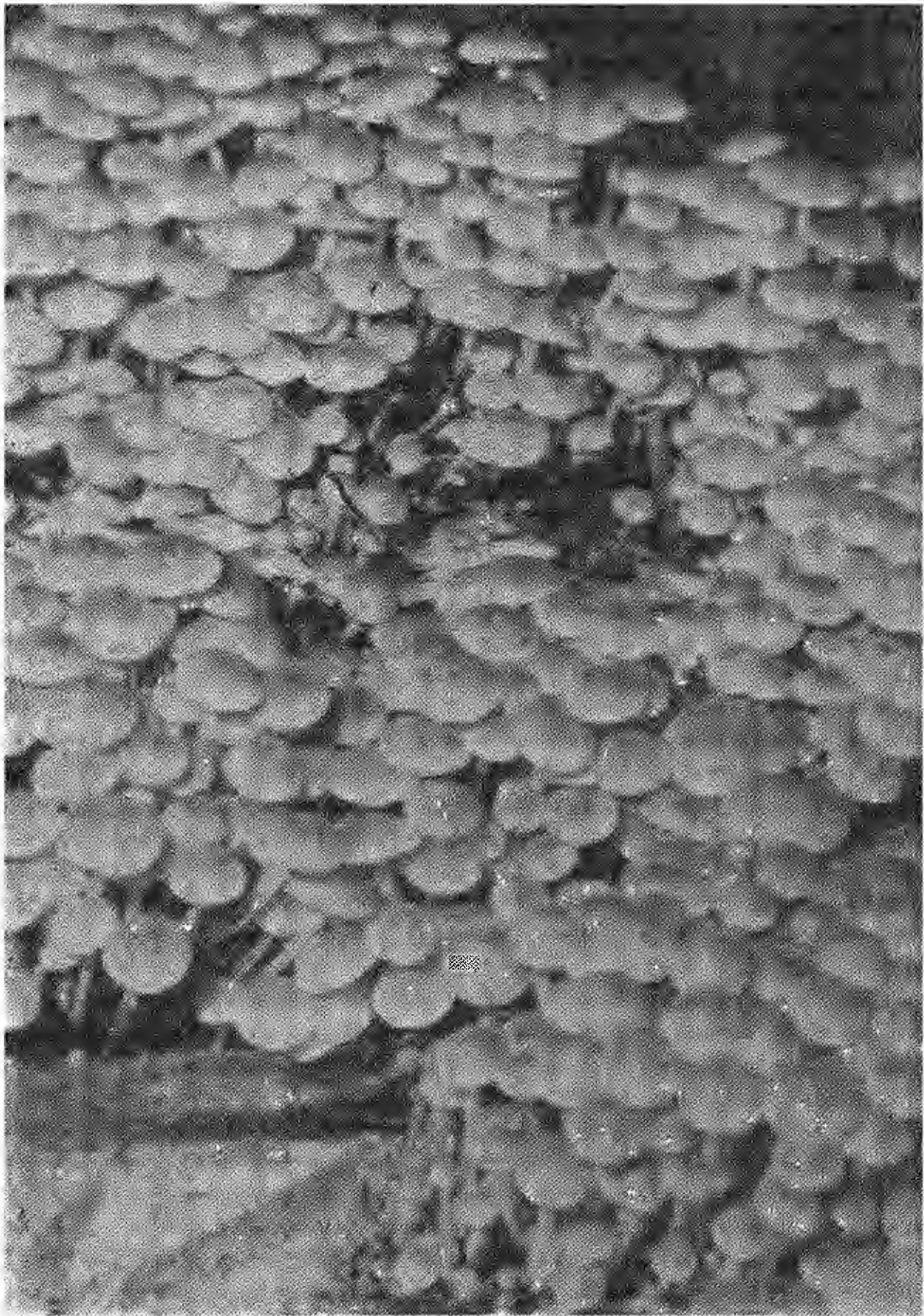


Рис. 6. Плодоношение опенка зимнего

му же при избыточном освещении шляпка гриба раскрывается до того, как ножка достигнет полной длины. С технологической точки зрения, предпочтительнее грибы на длинных ножках. В этот период необходима и усиленная вентиляция: если концентрация CO_2 в воздухе превышает 0,06%, размеры шляпок грибов начинают уменьшаться. При сильном недостатке вентиляции развитие плодовых тел останавливается.

Сбор урожая проводится следующим образом. Когда плодовые тела вырастают так, что до края сосуда остается 20—30 мм, его обвязывают вошеной бумагой или

целлофаном, чтобы поддерживать растущие грибы в вертикальном положении. Когда плодовые тела вырастают до 130—140 мм, обвязку убирают, урожай срезают или вытаскивают из сосуда и упаковывают. Урожай второй волны на 40% меньше, чем первой. Третью волну обычно не ждут, емкости для выращивания освобождают от использованного субстрата и заполняют свежим, начиная новый цикл.

Биологические особенности *Flammulina velutipes* в связи с выращиванием посевного мицелия

Актуальной проблемой при промышленном культивировании опенка зимнего является разработка биотехнологии выращивания мицелия с использованием отходов производства.

Известны работы по изучению роста мицелия *F. velutipes* в условиях поверхностной и глубинной культуры (Wei-San Chin, 1948; Низковская, Милова, 1965; Semerdzieva, 1966). Остается нерешенным вопрос о средах, обеспечивающих максимальный выход мицелиальных культур, используемых как маточный стерильный инокуляционный материал.

Цель наших исследований — изучение сред, температуры, влажности, обеспечивающих рост мицелия разных штаммов *F. velutipes* для получения стерильного посевного и посадочного материала гриба. Чистые культуры *F. velutipes* 0386, 0388 были получены из ВКМ Ботанического института АН СССР им. М. В. Комарова (г. Ленинград), 27, 31 — из НИИ Лесного хозяйства (г. Гомель) в порядке обмена, F-17 — из Чехословакии от доктора Яблонского.

В работе использованы такие классические среды, как 4, 5, 7°-й сусло-агар, а также естественные вытяжки из отходов леса (щепа, стружка, опилки), обрезки плодовых деревьев (ветки, стружка, опилки), синтетическая среда Чапека. Инокулюм получали на 6°-м сусле в течение 3—4 суток при 22°C в термостате. Для инокуляции питательных сред использовали кусочки культуры 3×3 мм.

Для оценки скорости роста грибов рода *Flammulina* был использован ростовой коэффициент (РК) с учетом диаметра (d), высоты (h), плотности колонии через определенные промежутки времени. Наблюдения показали, что вегетативный рост опенка зимнего возможен на разных

по составу средах. Однако элективными средами, обеспечивающими максимальный диаметр колонии, хороший вегетативный рост, оказались для *F. velutipes* 0386, 0388 — 6°-е сусло, для культур F-27, F-31 — 6,7°-е сусло и вытяжки из отходов леса. Полное заращение сред происходило на 8—12-е сутки в зависимости от штамма при относительной температуре воздуха 25°C. На синтетической среде Чапека отмечено медленное накопление биомассы опенка зимнего. На остальных средах рост мицелия был удовлетворительным. Средний прирост мицелия на всех исследуемых средах составил 8—10 мм/сутки, являясь максимальным на 5—6-е сутки роста.

Данные дисперсионного анализа показали, что на рост мицелия значительное влияние оказывал состав питательной среды, который составил 72,5% от влияния всех факторов с достоверностью 0,05 уровня значимости. Влияние штаммов составило 8% при более низком уровне значимости — 0,20. Полученные результаты достоверны.

Таким образом, рост мицелия штаммов гриба *Flammulina* на естественных отварах оказался возможным и в значительной степени интенсивным. На естественных отварах мицелий отличался обильным ростом пышных колоний, равномерно распределенные гифы отличались высокой жизнеспособностью и активностью.

Дальнейшее размножение стерильного маточного инокулята осуществляли на средах, приготовленных на основе опилок лиственных пород деревьев, сечки соломы, стержней початков кукурузы. В качестве активатора вносили отруби, которые характеризуются высоким содержанием клетчатки (43%), углеводов (38%), фосфора (0,5%), калия (1,1%). Кроме того, отруби обладают значительной воздухопроницаемостью, рыхлыми, структурообразовательными свойствами. Смешивание исходных компонентов в оптимальных соотношениях, создание необходимых условий температуры в процессе вегетации грибницы (18°C), влажности в пределах 60—65%, аэрации обеспечивали нормальную скорость опущения среды на 2—5-е сутки, массовое заращение на 7—10-е сутки, полное заращение на 12—15-е сутки в зависимости от вида гриба. Такие среды, включающие естественные отвары, удешевляют процесс получения инокулюма, обеспечивают интенсивное и обильное накопление мицелия *F. velutipes*, являются наиболее доступными, отличаются простотой приготовления.

Кроме роста мицелия *F. velutipes* в динамике на различных по составу средах нами исследованы морфологические признаки штаммов: характеристика колоний, поверхность, цвет, структура, микроскопические особенности. Отмечена разница колоний гриба на синтетических и естественных средах. На синтетических мицелий нежный, паутинистый, более воздушный, а на естественных плотный, бархатистый, войлочный и плотнойвойлочный. Окраска колоний в основном белая или слабо-кремовая. Внешняя линия колонии бахромчатая. Край колонии приподнят. Скорость роста гриба и количество биомассы в значительной степени определяются температурой. Исследовали влияние температуры 4°C, 15, 20, 25, 28, 30 и 35°C на рост исследуемых штаммов грибов рода *Flammulina*. Хороший рост отмечен при 15°C для *F. velutipes* 17, 31, где ростовой коэффициент (РК) равен 50, а также при 20°C для *F. velutipes* 17 (РК=86,3), при 25° (РК=60 и 90) для *F. velutipes* 17 и *F. velutipes* 31 соответственно. Для *F. velutipes* 0388 оптимальный рост отмечен при 15 и 28°C. Исходя из показаний РК, грибы рода *Flammulina* при создании оптимальных условий культивирования можно отнести к быстрорастущим.

Таким образом, при выращивании маточного стерильного и продукционного инокулята температурный интервал 20—28°C обеспечивает хороший рост мицелия *F. velutipes*. Данные по выявлению оптимальной среды для культивирования мицелия грибов рода *Flammulina*, а также параметров их роста и морфолого-культуральных особенностей могут быть использованы при выращивании стерильного инокулята гриба как первого и одного из основных этапов его культивирования.

Гриб питается субстратом

Известно, что субстратами для получения плодовых тел опенка зимнего являются отходы растениеводства и деревопереработки с различными органическими и минеральными добавками (рис. 7).

В своих исследованиях мы подбирали компоненты субстратов, основу которых составляли опилки лиственных пород деревьев (тополя, акации) с добавлением сечки соломы (2:1), стержней початков кукурузы (1:1), отрубей (3:1). При подборе исходных компонентов особое внимание уделялось их качеству, химическому составу, что обус-



Рис 7. Опёнок летний

ловливалось наличие комплекса питательных веществ, необходимых для роста и развития опёнка зимнего. Наличие комплекса питательных веществ в исходных компонентах зависит также от времени их заготовки. Наибольшее количество питательных веществ в исходных компонентах содержится в зимний период, в связи с чем в это время наиболее целесообразно заготавливать древесину (табл. 12).

Подготовка питательного субстрата для культивирования плодовых тел опёнка зимнего включает: 1) измельчение компонентов субстратов до необходимой

фракции (0,5—1 см); 2) замачивание субстратов в течение 20—24 часов до полного насыщения клеток (80—100%) с одновременным добавлением смеси минеральных веществ (среда Торева); 3) дробная стерилизация субстратов при давлении 0,5 атм в течение 2—2,5 часов; 4) инокуляция субстратов мицелием.

Установлено, что рост, развитие грибницы, формирование и появление плодовых тел опёнка зимнего находится в прямой зависимости от качества субстрата, соблюдения технологических параметров микроклимата, а также биологических особенностей гриба (табл. 13).

На всех видах субстратов отмечена хорошая приживаемость и развитие плодовых тел. Сырая масса плодовых тел полученного урожая составила в среднем 25—30% от массы субстрата.

Таблица 12. Химический состав исходных компонентов, % на 1 г АСВ

Компоненты	Влага	Зола	Протеин	Клетчатка	Жир	Кальций	Фосфор
Опилки тополя	18,5	4,7	1,64	48,8	0,54	0,7	0,24
Опилки акации	25,5	3,3	1,89	35,8	0,62	0,9	0,15
Солома	30,6	2,7	2,82	30,3	0,92	0,4	0,12
Кожевенная стружка	12,2	4,8	4,84	Нет	2,17	1,8	2,3
Отруби	22,7	3,8	2,53	22,5	0,17	0,2	0,12

Таблица 13. Формирование плодовых тел опенка зимнего в зависимости от вида субстрата (в среднем за два оборота, дни)

Вид субстрата	Зачатки пло- довых тел		Плодовые тела	
	Оборот			
	1	2	1	2
Смесь опилок тополя, акации, сечка со- ломы	36	38	44	46
Смесь опилок тополя, акации, кожевенная стружка	33	33	38	39
Смесь опилок тополя, акации, отруби	35	36	42	43

Стратегия выращивания опенка зимнего

Известен успешный опыт экстенсивной культуры на буковых поленьях в ФРГ, правда, часть успеха объясняют применением высокопродуктивных японских штаммов гриба. При этом использовали технологию, напоминающую выращивание летнего опенка или вешенки. Питательным субстратом были буковые поленья. В холодное время года древесину с мицелием держали в овощехранилище, а с наступлением тепла выносили наружу. Урожай появлялся осенью, причем до 150 грибов с полена, а отдельные грибы достигали 50 г. Однако во всем мире общепринята интенсивная культура в условиях регулируемого климата. В зависимости от возможностей поддержания необходимых температурных условий различают три системы выращивания: круглогодичную — с нагревом и охлаждением воздуха, зимнюю — с обогревом и смешанную. На самом деле в помещениях с ограниченными возможностями регулирования климата опенок зимний выращивают в осенне-зимне-весенний период (до 3—4 оборотов, перекрывающихся во времени), а при наличии кондиционирования воздуха — круглый год (5—6 оборотов). Каждый цикл длится 2,5—3 месяца.

ИНТРОДУКЦИЯ В КУЛЬТУРУ ДРУГИХ ВЫСШИХ БАЗИДИАЛЬНЫХ ГРИБОВ

Опенок летний *Kuehneromyces mutabilis* (Fr.).
Sing. et A. H. Sm.
(*Agaricus mutabilis* (Fr.),
Pholiota mutabilis (Fr.) Kumm.,
Dryophila mutabilis (Fr.) Quel.

Опенок летний — разновидность пеньковых грибов, один из наиболее ценных обитающих на древесине. По образу жизни и способу питания опенок летний, со многих точек зрения, можно сравнивать с вешенкой обыкновенной. Обитает он только на мертвой древесине, преимущественно на лиственной: буке, дубе, каштане; на хвойных породах встречается редко. В естественных условиях опенок летний растет пучками. Является перспективным видом для искусственного культивирования на отходах древесины в нашей стране. Опенок летний — вкусный съедобный гриб, особенно пригодный для приготовления супов и в качестве приправы. Питательная ценность гриба определяется содержанием в нем различных органических соединений, минеральных солей и биологически активных соединений. Для гриба характерен аромат и своеобразный вкус. В порошке опенка летнего содержится белка 14,4—22,6%, экстрагируемых веществ — 50—57,2%, жира — 8—13,7%.

Первые попытки по культивированию опенка летнего были проведены в начале этого столетия. Но они не дали практически никаких результатов. Успешные результаты по инокуляции и культивированию обитающих на древесине грибов были получены Вальтером Лютхардом в Шейнахе (Тюрингия). После этого стало возможным выращивание опенка летнего в большом объеме.

Плодовые тела опенка летнего небольшие: шляпка 25—100 мм, пластинки ржавого цвета, ножка длиной 40—130 мм и диаметром 3—10 мм, хрящеватая, ломкая. Шляпка гриба гигрофанная, т. е. меняет свой цвет в зависимости от влажности.

Летний опенок — дереворазрушитель, как и вешенка. После посадки в древесину мицелий живет в ней 5—8 лет, вызывая белую гниль и разрушая ее на 70%. Как и все дереворазрушители, опенок хорошо растет на стерильных

субстратах. Его природный субстрат — свежая древесина — изначально внутри стерильна. Опенки можно выращивать и на отходах лесопильного производства — опилках и древесной стружке с различными добавками (соевая мука, пивное сусло, пивная дробина, пептон), но в этих материалах всегда имеются конкурирующие микроорганизмы, и поэтому перед посадкой опенки такие питательные смеси нужно тщательно стерилизовать автоклавированием. Урожай на этих субстратах может появляться уже через 3—4 недели, сбор длится до полугода.

По опыту стран Европы, наиболее рентабельно выращивание летнего опенки на древесных чурбаках под навесами или в траншеях. Можно заражать грибом свежесрубленные пни, но по расчетам специалистов из ФРГ для рентабельного производства нужно около 100 000 пней. Представляется перспективным, с экономической точки зрения, выращивание вешенки и опенки на одном предприятии по единой технологии. Тогда вешенку можно собирать зимой, а опенку летом.

Культивирование летнего опенки общепринятым способом на вкопанных в землю древесных чурбаках дает выход 100—200 кг продукции на тонну древесины. Гриб хорошо растет на лиственных породах. Для него подходят бук, граб, каштан, клен, липа, береза, осина, ольха, тополь, яблоня и ряд других пород. Не подходят хвойные деревья, некоторые виды ивы, дуб, ясень, слива. Если деревья были здоровыми, а опенком заразили свежесрубленную древесину, то обычно это гарантирует успешный рост гриба.

Особенность выращивания *K. mutabilis* — прикапывание деревянных чурбаков с грибом в землю. При этом гриб проникает в почву. Одновременно на поверхности древесины появляются белые пятна мицелия диаметром 2—5 мм. Между прикапыванием поленьев в почву и появлением урожая проходит 2—4 месяца. Вначале на пятнах мицелия показываются примордии в виде ржаво-коричневых узелков 0,5—1 мм. Еще через 8—12 дней при 18°C вырастают грибы. В условиях умеренного климата сбор урожая бывает в мае, а также в июле — августе.

Технология выращивания опенки летнего

Общие правила подготовки деревянных поленьев или чурбаков для выращивания *K. mutabilis* таковы: 1) чем толще дерево, тем лучше; на толстых чурбаках можно со-

бирать урожай 6—8 лет; 2) распиливать на чурбаки нужно не ранее чем за 1—3 дня до заражения грибом (посадки мицелия); 3) при распиле древесины необходимо соблюдать определенные пропорции: при диаметре дерева 80—200 мм длина чурбака должна быть 250 мм, при 300 мм — тоже 300 мм, а при 400—700 мм — 350—400 мм.

Главное условие для роста гриба в древесине — оптимальная влажность. Если в дереве меньше 27% воды, рост прекращается. В полностью пропитанной водой древесине гриб способен развиваться, но из-за недостатка воздуха медленно. Оптимальная влажность древесины перед инокуляцией опенка должна составлять 50—60% сухой массы. Если длительность увлажнения превышает неделю, появляются дереворазрушающие бактерии, с которыми грибу потом придется конкурировать.

Инокуляцию опенка летнего осуществляют специальной прививочной пастой, в виде картонных кружочков с грибницей, блоков заросших опилок и т. п. На деревянную поверхность (слой досок, платформу на полу и т. д.) наносят слой посевного мицелия около 10 мм толщиной. Сверху вертикально ставят чурбак. Верхний срез чурбака покрывают таким же слоем мицелия и ставят второй чурбак. Таким образом выстраивают колонну из 5—7 чурбаков. Слой мицелия на самом верху прикрывают чем-нибудь деревянным. В инкубатор площадью 22 м² с обычным потолком можно поместить до 15 м³ древесины. Уже через несколько дней заметны признаки роста гриба, но длится он долго: 3—4 месяца при 12—16°C или около 2 месяцев при 17—20°C. За это время опенок проникает в дерево на 40—60 мм.

Другой метод заражения грибом используют в тех случаях, когда чурбаки не имеют параллельных срезов и их нельзя выстроить в колонну. В Японии, где данный метод предпочитают всем прочим, созданы специальные станки-автоматы для такого посева. В этом случае в древесине просверливают отверстия и помещают в них посевную грибницу. На одно полено диаметром 200 мм и длиной 250 мм расход мицелия составляет 0,25 л. Количество необходимого мицелия пропорционально объему древесины.

Насколько успешно прошел рост мицелия, можно определить, сделав продольное расщепление древесины топором. При заражении обычным способом мицелий должен проникать в чурбак с обоих концов на 40—60 мм.

Культивирование опенка на брусках

Хотя мицелий растет на отходах лесопильной промышленности медленнее, чем на свежесрубленных стволах деревьев, урожай в пересчете на кубометр древесины может быть таким же высоким. В качестве исходного материала берут куски дерева подходящих пород прямоугольной формы. Специалисты из ФРГ считают оптимальным размер $50 \times 50 \times 200$ мм. Куски дерева очищают от оставшейся коры (она препятствует проникновению опенка) и, если они находились под открытым небом достаточно долго для того, чтобы успели приняться за работу другие дереворазрушающие грибы, то высушивают при 70°C ; это до некоторой степени уничтожает мицелий конкурирующих дереворазрушителей. Третью всей древесины используют для первичного заражения. Влажность этой третьей части в течение 3—5 дней доводят до необходимых 50—70%. Затем влажную древесину укладывают в инкубаторе слоями, перемежая слоями посевного мицелия. При этом используют быстрорастущие, агрессивные штаммы гриба. Готовый уложенный блок укутывают впитывающей воду бумагой и пластиковой пленкой, чтобы предотвратить высыхание. Обычный расход посевного мицелия составляет 25 л/м^3 .

При температуре $10\text{—}18^{\circ}\text{C}$ гриб осваивает субстрат за 4—6 недель. На поверхности появляются характерные белые тяжи мицелия. Когда эти тяжи достигают в длину 20—30 мм, а бруски срастаются между собой, дерево помещают в траншеи. Промежутки между ними заполняют почвой, выравнивают поверхность дерева молотком или небольшим катком для асфальта и покрывают сверху слоем почвы толщиной около 40 мм. Через 4—6 месяцев, перед сбором первого урожая, верхний слой почвы снимают. Один кубометр брусков заполняет $5,5\text{—}6,5 \text{ м}^2$ площади траншеи. При этом способе выращивания качество почвы имеет особенно большое значение.

Культивирование гриба в защищенном грунте открывает возможность получения стабильного урожая грибов, а также сбор его в зимнее время. При оптимальных условиях культивирования опенка летнего в защищенном грунте получают урожай $40\text{—}47 \text{ кг/м}^3$ древесины. Общая продолжительность периода сбора урожая составляет 5—6 лет. Плодовые тела лучше всего срезать у нижнего конца ножки. Так как ножки нескольких грибов обычно образуют пучок, можно одновременно срезать несколько плодовых тел. В пищу идут только шляпки.

Урожай можно сохранять при 2°C в течение недели или двое суток при комнатной температуре. При хранении опять обладают свойством высыхать. Свежие грибы хранят и продают в корзинках — пластиковые пакеты опенок не выносит.

Наши исследования показали возможность интенсивного выращивания опенка летнего на отходах древесины, а также сельскохозяйственного производства. При подборе компонентов исходили из соотношения источников углерода и азота с добавлением стимуляторов роста, минеральных веществ, оптимальных для развития грибницы.

Лучшие результаты получены на следующих субстратах: № 1 — стружка лиственных пород деревьев (береза, тополь), соевая мука, комплекс минеральных элементов; № 2 — опилки лиственных пород деревьев (береза, тополь), белковый концентрат, овсяные отруби, минеральные элементы.

Подготовленные смеси обрабатывали текущим паром с целью стерилизации субстратов. После остывания субстраты помещали в полиэтиленовые мешки, инокулировали мицелием гриба. Полное зарастание субстратов происходило в течение 22—24 дней при 20—22°C. Мицелий опенка летнего вначале снежно-белый, хорошо ветвящийся, со временем приобретал кремовый оттенок. Зачатки плодовых тел появлялись, как правило, на 35—40-й день после инокуляции субстрата. Субстраты к этому времени приобретали плотную консистенцию. Пленку полностью удаляли и брикеты, принявшие форму пакетов, складывали в виде пирамидок, на которых продолжался процесс формирования плодовых тел. В период плодоношения температуру поддерживали в пределах 18—20°C, относительную влажность воздуха — 80—90%. При необходимости брикеты орошали.

Преимущества выращивания опенка летнего следующие: устойчив к заболеванию и повреждению вредителями; может расти на древесине, которая не нуждается в предварительной подготовке; основной критический фактор плодоношения — температура.

Кольцевик *Stropharia rugnoasulata*

Латинское название гриба буквально переводится как «строфария морщинисто-кольцевая». Греческое слово «строфос» означает пояс, перевязь. Характерная особенность кольцевика — крупное, долго сохраняющееся кольцо на ножке. Плодовые тела у него очень крупные, в сред-

нем около 60 г (у шампиньона — около 10 г). Обычный диаметр шляпки 50—400 мм. В молодости она белая, в зрелости цвет варьирует от желтоватого до красноватобурого. Если плодовые тела созревают при низких температурах, то белый цвет может сохраняться до конца. Ножка в основном утолщенная, беловато-кремового цвета. В зрелости сердцевина ножки становится полый. Пластинки шляпки в зрелости черные с синим отливом, такого же цвета и споровый порошок. Аромат у кольцевика довольно слабый, но эти грибы богаты витаминами группы В и содержат в 10 раз больше ниацина, чем обычные овощи (капуста, огурцы, помидоры). Ниацин, или никотиновая кислота, оказывает положительное влияние на нервную систему и пищеварительные органы человека. Кольцевик можно жарить, варить, тушить, использовать для приготовления салатов и для консервирования. Промышленное выращивание кольцевика впервые предложили в ГДР. В настоящее время культивирование гриба широко распространено в Западной и Центральной Европе, Северной и Южной Америке.

Способы выращивания кольцевика

Грядка. Грядки для кольцевика устраивают под открытым небом в защищенных от ветра местах. При этом используют всевозможные прогреваемые участки (лучше всего, чтобы земля была с подогревом) и создают, по возможности укрытиями, микроклимат для оптимального роста. Место должно быть полузатененным. Грядки соломы изолируют от земли при помощи слоя пленки. Увлажненную солому укладывают слоями 60—80 мм и утрамбовывают. Готовая грядка имеет высоту 200—250 мм и ширину 800—1200 мм. При высоте 200 мм на один квадратный метр площади требуется 20—25 кг сухой соломы, т. е. один тюк.

Парник. Для выращивания строфарии подходят и обычные парники. На поверхность почвы кладут слой пленки, потом парниковые рамы. Верхний край парника должен иметь уклон для стока дождевой воды. Сверху рамы накрывают толем. Парники заполняют соломой на всю длину. После нанесения соломы слоем 200 мм между ее поверхностью и нижней кромкой рамы должно оставаться расстояние примерно 120 мм. В дальнейшем солома оседает и для плодовых тел остается достаточно места.

Форма. Формы сколачивают из досок. Ширина их

обычно 1 м, высота 200 мм. Внутри формы вынимают землю примерно на глубину 300 мм, выстилают яму пленкой и заполняют соломой. Толщина грядки может составлять 200—300 мм (оптимальной считается 250 мм). Расход сухой соломы на 1 м² 20—30 кг. Лучше выращивать грибы в форме, чем под открытым небом.

Подземные помещения. Кольцевик выращивают и под землей. Для этого используют ящики площадью не менее 0,5 м² и глубиной 250 мм. Время начала производственного цикла следует выбирать так, чтобы через 8 недель — промежуток от посадки до предполагаемого начала уборки урожая при оптимальных условиях — на рынке не было дикорастущих грибов. В период роста мицелия температура воздуха должна быть 20—22°C (это означает 25—27°C в толще субстрата), а после засыпки покровного слоя температура может колебаться от 10 до 20°C.

Тоннели. Удобно выращивать кольцевик в пленочных парниках типа тоннелей высотой до 0,6 м. Внутри устраивают грядки, как в парниках. Снаружи тоннели обкладывают камышовыми или соломенными матами для теплоизоляции. Недостаток — высокая стоимость по сравнению с деревянными конструкциями. Тем не менее этот способ получает все большее распространение.

Технология культивирования кольцевики

Питательный субстрат для выращивания кольцевики — солома. Используют солому злаковых (пшеницы, ржи) без всяких добавок. Можно смешивать солому с измельченными кукурузными кочерыжками. Солома должна быть свежей, золотистой, блестящей. Проверка качества соломы — проверка устойчивости на разрыв. Если солома легко рвется, потемнела, значит началось ее микробиологическое разрушение. На таком субстрате кольцевик придется воевать с конкурентами, поэтому для выращивания она не пригодна. Запас соломы для строфарии нужно хранить в сухом, защищенном от непогоды месте.

Подготовка субстрата заключается в увлажнении. Для этого солому раскладывают на бетоне или цементе слоем до 1 м и поливают водой из шланга на протяжении 6—10 дней по 2—3 раза в день. Воду разбрызгивают, стараясь смочить субстрат по всему объему. Если куча соломы оказывается слишком большой для равномерного увлажнения, ее переворачивают 2—3 раза. Поскольку солома покрыта восковым налетом, влага поглощается медленно.

Содержание воды в подготовленном субстрате должно составлять 70—75%. Хорошо увлажненный субстрат — залог хорошего урожая. Попытки смачивать солому позже, когда на ней уже растут грибы, могут принести только вред.

Расход посевного мицелия кольцевика при внесении в питательный субстрат составляет 1 л (500—600 г) на 1 м². Существуют два метода посадки. Первый из них состоит в том, что сросшийся блок мицелия разделяют на отдельные куски размером с грецкий орех или голубиное яйцо, которые равномерно раскладывают на поверхности грядки. Расстояние между отдельными кусками примерно 200 мм. Затем их закапывают на глубину 50—80 мм и плотно приминают. При втором методе посадки перед укладкой последнего слоя соломы посевной материал размельчают в ладонях и равномерно разбрасывают по поверхности грядки. Затем сверху кладут слой соломы, который после уплотнения имеет толщину 50—80 мм.

Засеянные грядки накрывают мокрой мешковиной или несколькими слоями мокрой бумаги. Поверх кладут доски, а на них камни — все эти меры должны поддерживать компактность грядки и не допускать ее высыхания.

Оптимальная температура для роста кольцевика различна у разных штаммов. Обычно она составляет 25—28°C. Гриб очень требователен к условиям влажности. Бумага или мешковина, которыми накрыта солома, должны быть всегда влажными. При высыхании их опрыскивают водой, стараясь, чтобы вода не протекала внутрь грядки. Для предотвращения перегрева грядок днем и переохлаждения ночью верх парников или деревянных форм закрывают каким-либо светонепроницаемым материалом, например толем. Из-за перепадов температуры происходит периодическая конденсация водяного пара, выпадение росы. От этого страдает мицелий гриба, а солома чернеет. Почернение соломы опасно для урожая. Это показатель того, что грядку нужно укрыть более тщательно.

Другая опасность — высыхание соломы, особенно ее верхнего слоя. Чтобы этого не произошло, грядку с самого начала ставят под пресс (доски с камнями). Во избежание высыхания грядок пространство внутри парниковых рам и деревянных форм не проветривают.

Мицелий кольцевика хорошо развивается в соломе, если влажность составляет 65—75%. Как только влажность приближается к 90%, рост прекращается, затем часть мицелия исчезает. При возвращении влажности к норме рост гриба возобновляется.

Когда мицелием зарастает весь субстрат, бумагу (мешковину) убирают и грядки присыпают слоем покровной земли. Если верхний слой грядки высох, его снимают, открывая заросшую мицелием массу соломы. Наилучшая покровная почва для кольцевика, по данным специалистов из ГДР, — крупнозернистый чернозем. Глина и песок без добавки чернозема или торфа для этой цели не подходят. Хорошо показывают себя лесные почвы — как из-под хвойных, так и лиственных пород.

Неудачный выбор покровной почвы — самая частая причина плохих урожаев. Нельзя использовать кальцинированные почвы и им подобные, обладающие щелочной реакцией. Оптимальное значение кислотности покровной почвы чуть ниже нейтральной (рН 5,7—6,0).

Почвенную смесь доводят до нужной реакции, смешивая с торфом (рН 3—4), или берут за основу местную дерновую почву, если значение ее кислотности заранее известно.

Поскольку в почве есть вредители грибов (клещи, нематоды, ногохвостки), ее перед использованием стерилизуют. Для этого лучше всего обработка горячим паром в течение 15—20 минут. Для дезинфекции можно использовать формалин. Для обработки 1 м³ покровной почвы берут 40%-й раствор формалина и разводят его в 20 л воды. Почву укладывают в кучу (бурт) послойно, поливая каждый слой разбавленным формалином. Потом кучу накрывают пленкой на 3 дня. Для устранения запаха формалина покровную почву несколько раз переворачивают. Обеззараженную почву можно хранить в пластиковых мешках, например из-под удобрений.

Толщина покровной почвы на грядках кольцевика должна составлять около 50 мм. Нужно предусмотреть также небольшой запас земли для засыпки отверстий в покровном слое, которые остаются от ножек грибов во время сбора урожая.

После засыпки покровного слоя его нужно смочить, но так, чтобы вода не проникла в нижележащий субстрат. В течение первых 10—14 дней после засыпки грядки нуждаются в аэрации. Для этого в них втыкают небольшие цветочные горшки. Через месяц после засыпки ожидают появления урожая.

Тревожный сигнал — появление мицелия на поверхности покровного слоя. Это может произойти из-за недостатка толщины слоя почвы, недостатка воздуха (аэрации) или неравномерного распределения влаги, когда верхний слой земли более мокрый, чем нижний. В последнем слу-

чае необходимо смочить покровную почву, а потом подсушить ее верхний слой интенсивным проветриванием.

Когда начинают образовываться плодовые тела, кольцевик довольно безразличен к колебаниям температуры, тогда как от вентиляции на данном этапе зависит количество и качество урожая. Поэтому окна парников нужно приподнять на ширину ладони — так, чтобы дождевая вода не попадала внутрь. В жаркие летние дни окна должны быть полуоткрыты, а в холодные дни закрыты (кроме тех случаев, когда внутри созревает большой урожай). В этот период грядки нужно поливать, но не больше чем 1,5 л/м² за один полив. Если грядки высыхают, поливать нужно чаще. При этом вода не должна проникать в солому: гриб это очень не любит.

Разрастание мицелия кольцевого гриба в соломе занимает 4—5 недель, от закладки примордиев до созревания плодовых тел проходит 10—12 дней. Жарким летом сбор урожая может начаться уже через месяц после закладки грядки. Урожай появляется «волнами» через равные интервалы. Основную его часть составляют первые две «волны». Плодовые тела собирают в тот момент, когда оболочка, прикрывающая пластинки, уже прорвана, но сами пластинки еще не почернели. Грибы с черными пластинками (полностью созревшие), с выгнутыми краями шляпок становятся невкусными. В нашей стране собирали урожай кольцевого гриба около 16 кг/м². Грибы извлекают из покровной почвы выкручивающим движением, взяв за шляпку. Потом концы ножек очищают или обрезают. Отверстия, остающиеся в покровном слое, засыпают свежей землей. Все послеуборочные остатки должны быть тщательно удалены с грядок — иначе грозит вспышка развития вредителей и болезней.

Существуют две основные стратегии выращивания строфарии: для получения урожая в текущем году и с перезимовкой. Чтобы получить грибы в текущем году, грядки устраивают в середине мая (оптимальный срок для Центральной Европы), самое позднее в середине июня. Если гриб сажать позже, то получается посадка с перезимовкой: в текущем году урожай не успевает созреть, наступает осень и не хватает тепла. Кольцевик может переносить мягкую зиму, но чаще при втором способе используют грядки с подогревом — «теплые гряды». Они очень популярны в ФРГ. Урожай собирают на следующий год.

Собранный урожай можно хранить 2—3 суток при 2—5°C в закрытых пленочных мешках.

БИОКОНВЕРСИЯ ВТОРИЧНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ БАЗИДИАЛЬНЫМИ ГРИБАМИ В БЕЛКОВЫЕ КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ

В последние годы все большее внимание исследователей привлекает биохимическая деятельность высших базидиальных грибов ввиду их быстрого роста и способности утилизировать многочисленные отходы промышленности, сельского хозяйства, а также продукты их переработки. Такие продуценты представляют значительный интерес для получения кормового белка, комплексных ферментных препаратов, а также для разложения и обогащения субстратов, содержащих лигнин и целлюлозу.

Дереворазрушающие базидиальные грибы — наиболее активные разрушители лигноцеллюлозы в природе. Они стали объектом обширных исследований, проводимых в ФРГ под руководством Ф. Задражила. Показано, что грибы рода *Pleurotus*, вызывающие белую гниль древесины, способны разрушать лигноцеллюлозный комплекс соломы, что ведет к увеличению ее кормовой ценности. Переваримость соломы после культивирования на ней грибов достигала переваримости сена среднего качества — 60—70%. F. Zadrazil (1975, 1980), L. A. Lindenfelter et al. (1979) изучали возможность повышения переваримости пшеничной соломы путем модификации ее лигноцеллюлозного комплекса при культивировании гриба *P. ostreatus* через 36 дней. После культивирования гриба на соломе содержание лигнина и целлюлозы снижалось в ней на 14—45 и 15—55% соответственно. После 90 дней инкубации соломы с грибом ее переваримость повышалась также в 2—3 раза и составляла около 50%. Был предложен способ получения белкового кормового продукта при культивировании базидиомицетов на измельченной древесине. В сырье вносили питательные соли и пропаривали в течение 20 минут. После охлаждения массу инокулировали культурой гриба, вносимой в виде суспензии, и выращивали при 24—26°C. Через 7 суток полученный продукт высушивали, измельчали и использовали как концентрированную добавку к кормам животных. В продукте, выход

которого составил 90% от массы абсолютно-сухого сырья, содержится 12% белка.

В США разработан процесс обогащения белком кормовых и пищевых продуктов. В качестве исходных субстратов используют зерновые культуры (кукуруза, рожь, ячмень, овес, рис, соя, маниок, батат) и их смеси. После стерилизации и охлаждения субстрата его подвергают твердофазной ферментации одной из грибных культур рода *Pleurotus*: *P. ostreatus*, *P. pulmonarius*, *P. sapidus*, *P. cornu-copiae*, *P. floridae*. Содержание белка после 21—35 дней культивирования повышается на 30—65%, и продукт характеризуется аминокислотным составом.

Исследована возможность получения кормового продукта (РБК) при культивировании дереворазрушающих грибов на подсолнечной лузге, кукурузной кочерыжке, рисовой и пшеничной соломе, а также камыше. Полученный РБК по сравнению с исходным сырьем отличался высоким содержанием белка, водорастворимых веществ, низким содержанием трудногидролизуемых полисахаридов и негидролизуемого остатка.

Культивирование базидиального гриба *Pleurotus cornu-copiae* (Pers) на субстратах из стеблей подсолнечника и зернового сорго — один из путей повышения питательности растительных отходов, скармливаемых сельскохозяйственным животным. Субстраты предварительно проходили обработку: их измельчали до размера частиц 6—15 мм, увлажняли приблизительно до 70% и помещали в поддон камеры с плотностью укладки 3,5—4 кг/м², осуществляли пастеризацию, охлаждали до температуры 25—30°C и затем инокулировали субстрат мицелием из расчета 2% от количества субстрата (Проценко, Киреева, 1986).

Для повышения питательной ценности и переваримости рисовой соломы использовали дешевую и простую технологию твердофазной ферментации, осуществляемую *P. ostreatus*. Снижение органических материалов и волокон в соломе отмечено при степени увлажнения 50 мл воды на 10 г соломы, а снижение процента лигноцеллюлозного комплекса — при более низкой влажности: 40 мл воды на 10 г соломы. Максимальное обогащение соломы грибным белком и повышение переваримости отмечено через 30 дней ферментации (Kahlon, Kumaf, Suman, 1986).

При обогащении грибным белком съедобных базидиальных грибов пшеничной соломы и других растительных

отходов методом твердофазной ферментации изменяли температурный, водный и кислотный режимы. В динамике определяли содержание органических материалов, лигнина, растворимых в воде субстратов, реакцию среды, а также переваримость *in vitro*. Максимальное снижение содержания лигнина и соответственно повышение переваримости растительных отходов вызывали грибы *Pleurotus* sp., *florida*, *P. cornucopiae* (Zadrazil, 1980).

Установлено, что некоторые дереворазрушающие базидиомицеты способны в 2—3 раза обогащать белком картофельную мякоть и свекловичный жом при твердофазной ферментации. Развитие этих грибов может происходить в слое субстрата высотой до 20 см без перемешивания и дополнительной аэрации (Капич и др., 1984). Предполагается, что для биотрансформации доступных дереворазрушающим базидиомицетам субстратов кислород нужен в значительно меньших количествах, чем для биodeградации лигноцеллюлозы.

С целью получения продукта, обогащенного грибным белком, нами был исследован процесс твердофазной ферментации (ТФФ) виноградной лозы, виноградных выжимок, стеблей табака, свекловичного жома при разном соотношении компонентов, инокулированных базидиальными грибами. Сырье предварительно измельчали до размера частиц 0,5—2 см, замачивали в воде до полного насыщения клеток (в соотношении 1:2 по массе), подвергали ступенчатой термической обработке при 1 атм. в течение 1,5 часов. Полученной массой заполняли культиваторы с разным уровнем аэрации и увлажнения. Инокуляцию охлажденных после автоклавирования субстратов осуществляли мицелием базидиальных грибов. Инокулом выращивали в течение 3—7 суток на качалке (180 об./мин) в колбах на 750 мл, содержащих 250 мл питательной среды при 28°C. Процесс ферментации в культиваторах происходил в течение 22 суток при 25°C. Исследованы варианты, включающие: 1) виноградную лозу — 30%, стебли табака — 30%, жом свекловичный — 34,5%, мелассу — 5%, мочевины — 0,5%; 2) виноградную лозу — 40%, жом свекловичный — 44,5%, виноградные выжимки — 10%, мелассу — 5%, мочевины — 0,5%; 3) жом свекловичный — 60%, стебли табака — 29,5%, мелассу — 10%, мочевины — 1%.

В процессе ТФФ базидиомицеты показали 100%-ю приживаемость на всех видах субстратов, однако скорость их зарастания была неодинакова. Наибольшей скоростью ос-

воения всех видов субстратов отличались грибы рода *Pleurotus*. Более благоприятной средой обитания для всех видов грибов оказался вариант 3, включающий 60% свекловичного жома. Полное заращение среды здесь отмечено на 9—10-е сутки. Сила роста у всех изучаемых грибов была наивысшей — 5 баллов. Мицелий отличался высокой жизнеспособностью и активностью. Изучение процесса ТФФ виноградной лозы в смеси с другими компонентами (жом свекловичный, стебли табака, выжимки виноградные) базидиальными грибами родов *Pleurotus*, *Flammulina*, *Rapus* показало возможность использования вторичного растительного сырья в качестве компонентов для получения продуктов, обогащенных грибным белком.

Изучен качественный состав субстратов в динамике на 6, 12, 24-е сутки после инокуляции грибным мицелием в процессе ТФФ до полного заращения субстратов. Данные исследований показали увеличение содержания общего азота, а также (при пересчете $N \times 6,25$) сырого протеина в субстратах после полного обрастания их мицелием по сравнению с исходным субстратом. Следует отметить, что тенденция роста общего азота в процессе заращения субстратов присутствует во всех вариантах. В конечных продуктах количество сырого протеина было достаточно высоко — 5—21,4% в зависимости от вида гриба и субстрата. Однако во всех случаях заметно преимущество варианта 3.

В процессе ТФФ виноградной лозы в смеси с другими компонентами в субстратах происходило уменьшение процента клетчатки и лигнина в большей степени в варианте с 60%-м жомом. Для всех изучаемых видов грибов характерна различная степень утилизации используемых источников углерода. Более интенсивное потребление углеродсодержащих компонентов отмечено у грибов рода *Pleurotus*, незначительно уступали по активности грибы родов *Rapus* и *Flammulina*. Наибольшая степень разложения целлюлозы и лигнина независимо от вида субстрата наблюдалась после полного заращения субстратов мицелием. Т. К. Kirh, W. E. Moore (1972) показали, что основное количество трудногидролизуемых компонентов может быть удалено грибами белой гнили быстрее, чем полисахариды. Таким образом, удаление углеводов не связано с разложением лигнина, т. е. полисахариды не являются значительным барьером для деградации лигнина в древесине. Литературные данные подтверждают это наблюдение: базидиальные грибы быстрее разлагают лиг-

нин на разных стадиях развития, характеризующихся небольшой интенсивностью или отсутствием разложения целлюлозы, входящей в состав древесных субстратов.

Продукты, полученные после ТФФ вторичного растительного сырья, инокулированного базидиальными грибами, исследованы на переваримость сухого вещества (*in vitro*). Установлено, что при ферментации растительных остатков грибами рода *Pleurotus* сырой протеин в переваримой форме составил 33,79—54,59%, грибами рода *Rapizus* — 11,94—53,51% и *Flammulina* — 32,43—52,47.

Более высокой переваримостью характеризовались продукты, полученные на основе варианта, содержащего 60% жома, — 52,47—54,59% в зависимости от вида гриба. Переваримость сырого протеина определяется видом гриба, условиями культивирования, обеспечением культур кислородом, комплексом питательных веществ.

Вторичное растительное сырье — виноградная лоза, виноградные выжимки, стебли табака, свекловичный жом — можно использовать в качестве субстратов для ТФФ базидиальными грибами с целью получения белково-кормовой добавки. Процесс накопления комплекса питательных веществ наиболее интенсивно протекает в вариантах, включающих свекловичный жом. Стабильно высокое содержание сырого протеина отмечено на субстрате, состоящем из свекловичного жома без примесей, независимо от культивируемого вида гриба.

Исследования по обогащению белком дереворазрушающих базидиомицетов твердых отходов растительного происхождения и особенно лигноцеллюлозных субстратов с целью увеличения их кормовой ценности расширились в последние годы. Внедрение способов микробиологического синтеза дешевого, широкодоступного сырья базидиальными грибами позволит значительно укрепить кормовую базу сельского хозяйства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прогнозы ученых показывают, что на базе традиционных источников пищевого белка решить проблему белкового дефицита невозможно. Перспективным, богатым протеином продуктом будущего являются высшие базидиальные грибы. Специалисты считают, что к 2000 г их будут выращивать во многих странах в таких же количествах, как сейчас картофель и злаки, что покроет значительную часть мирового дефицита в белке.

Съедобные базидиальные грибы — перспективный объект получения ценного продукта питания в виде плодовых тел, содержащих 7,5—8% белков, сходных по аминокислотному составу с животными белками, углеводы, жиры, витамины A₁, B₁, B₂, C, D, PP, минеральные соединения и микроэлементы.

Кроме того, выращивание грибов на плотных средах может стать связующим звеном между растениеводством, отходы которого служат субстратом для грибов, и животноводством, кормовая база которого может быть расширена за счет использования компостов после сбора урожая, что широко практикуется в странах с развитым грибоводством.

Способность базидиомицетов разлагать растительные отходы может найти применение также при создании систем замкнутого экологического цикла при безотходной технологии.

СПИСОК ОСНОВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- А. С. 1353353 / Питательная среда для выращивания стерильного маточного инокулята опенка зимнего / А. А. Дворнина, А. Н. Афанасьева, 1987.
- А. С. 1427610 / Субстрат для выращивания грибов рода вешенка и способ его получения / А. А. Дворнина, С. И. Додылева, В. Н. Андреев, 1988.
- Авров О. Е., Мороз З. М. Использование соломы в сельском хозяйстве. Л.: Колос, 1979.
- Беккер З. Э. Физиология грибов и их практическое использование. М., 1963.
- Билай В. И. Биологически активные вещества микроскопических грибов. Киев: Наукова думка, 1965.
- Бисько Н. А., Бухало А. С., Вассер С. П. Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре. Киев: Наукова думка, 1983.
- Бисько Н. А., Дудка И. А. Биология и культивирование съедобных грибов рода вешенка. Киев: Наукова думка, 1987.
- Бисько Н. А., Билай В. Т., Чурикова Э. К. Разложение древесины различных пород в процессе роста вешенки обыкновенной *Pleurotus ostreatus* // Микология и фитопатология. 1985. 18, 6. С. 435—439.
- Биосинтетическая деятельность высших грибов / Шиврина А. Н., Низковская О. П., Фалина Н. Н. и др. Л.: Наука, 1969. 243 с.
- Бухало А. С. Рост съедобных базидиомицетов в глубинной культуре // Микология и фитопатология. 1973. 7, 4. С. 348—353.
- Вешенка обыкновенная / Дудка И. А., Шепя В. А., Вассер С. П. и др. Киев: Наукова думка, 1976. 110 с.
- Гаврилова Л. П. Биология дереворазрушающего гриба *Flammulina velutipes* (curt. ex Fr.). Sing: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1982. 15 с.
- Гаврилова Л. П. Культивирование опенка зимнего на отходах деревообработки // Всесоюз. конф. «Пути повышения производительности лесов». Рига, 1981. С. 17.
- Гаврилова Л. П., Гарибова Л. В. Некоторые биологические особенности *Flammulina velutipes* в связи с выращиванием посевного мицелия // Микология и фитопатология. 1982. 16, 3. С. 303—304.
- Гарибова Л. В., Дараков О. Б. Механизм образования плодовых тел *Adaricus bisporus* (Lange) Imbach // Микология и фитопатология. 1983. 17, 5. С. 361—363.
- Головлева Л. А., Ганбаров Х. Г. Микробная деградация лигнина // Успехи микробиологии. 1983. № 17. С. 136—158.
- Горленко М. В. Грибы как источник пищевых белков // Микология и фитопатология. 1983. 17, 3. С. 177—181.
- Грачев Н. Т. Шампиньоны. Киев, 1960. 176 с.
- Громов Н. Г. Шампиньоны. Киев: Сельхозгиз, 1960. 176 с.

- Гусарова П. А., Низковская О. П. Выращивание высших мицелиальных грибов — продуцентов белка на гидролизных средах: Тез. докл. Пушино, 1983.
- Дворнина А. А. Новый технологический прием при ускоренном компостировании шампиньонных субстратов: Экспресс-информация. Кишинев, 1976. № 213.
- Дворнина А. А. Влияние качественного состава субстратов и способов их подготовки на урожайность грибов шампиньонов: Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. Л.; Пушкин, 1978.
- Дворнина А. А., Якимова М. Ф. Изучение микробиологических процессов при компостировании шампиньонных субстратов // Изв. АН МССР. Сер. Б. 1982. № 3. С. 35—37.
- Дворнина А. А. Факторы, определяющие качество шампиньонных субстратов // Питание растений и применение удобрений. Кишинев, 1977. С. 87—89.
- Дворнина А. А. Субстраты, технология их подготовки в промышленном шампиньоноводстве (Обзорная информация). Кишинев, 1983.
- Дворнина А. А. Компоненты и регулирование процессов при подготовке субстратов для культивирования шампиньона двуспорового и вешенки обыкновенной // II Всесоюз. совещ. «Производство высших съедобных грибов в СССР» (Чернигов, май 1985 г.): Тез. докл. Киев: Наукова думка, 1985. С. 72.
- Дворнина А. А. Вешенка обыкновенная — новый гриб для промышленного культивирования в условиях Молдавской ССР // Там же. С. 48.
- Дворнина А. А. Технология культивирования опенка зимнего // Изв. АН МССР. Сер. Б. 1987а. № 2. С. 72—74.
- Дворнина А. А. Содержание аминокислот в высших грибах // Изв. АН МССР. Сер. Б. 1987б. № 1. С. 25—27.
- Девочкин Л. А. Шампиньоны. М.: Колос, 1975. 112 с.
- Доспехов Б. А. Методика опытного дела. М.: Колос, 1973.
- Дудка И. А., Вассер С. П., Бухало А. С. и др. Промышленное культивирование съедобных грибов. Киев: Наукова думка, 1978. 264 с.
- Дудка И. А., Вассер С. П., Бисько Н. А. и др. Технологические аспекты культивирования съедобных базидиомицетов в поверхностной и глубинной культуре // Мицелиальные грибы. Пушино, 1983. С. 102—103.
- Жемойц А. А., Орехов Р. К. Выращивание шампиньонов в СССР и за рубежом (Обзорная информация). М., 1974.
- Иерусалимский Н. Д. Теория и практика непрерывного культивирования микроорганизмов // Микробиология, 1961. 30, 6, С. 818—824.
- Капич А. Н., Бабицкая В. Г., Стахеев И. В. Возможность накопления биомассы базидиомицетами на отходах промышленности в глубинной культуре // Изв. АН БССР. Сер. Б. 1980. № 1. С. 88—92.
- Капич А. Н. и др. Дереворазрушающие базидиомицеты — продуценты белка. Минск, 1984.
- Китаев С. И., Бубнова О. Н., Борисов А. А. Синтетические компосты для выращивания шампиньонов. М.: Колос, 1976. 121 с.
- Клюшников Е. С. и др. Общие условия культуры шампиньона, грунты, расовый состав и прорастание спор // Уч. записки МГУ. 1935. № 4. С. 218—265.
- Кюршнер М., Ганек Н. Определение содержания клетчатки в растительных остатках // Методы биохимических анализов. М.: Наука, 1974. С. 15—17.
- Красильников Н. А. Определитель бактерий и актиномицетов. М.: Л., 1949.

- Лилли В., Барнетт Г. Физиология грибов. М.: ИЛ., 1953. 380 с.
- Лозовой В. Д. Рекомендации по искусственному разведению грибов вешенки обыкновенной. Сочи: ВНИИЛМ, 1978. 15 с.
- Лозовой В. Д. Разведение пищевого гриба вешенки на опилках // Растительные ресурсы. 1980. 16, 1. С. 38—45.
- Маслова Р. А. О белках грибов рода *Pleurotus* // Производство высших съедобных грибов в СССР. Киев: Наукова думка, 1978. С. 84—87.
- Маслова Р. А. Свободные и связанные аминокислоты некоторых афиллофоровых грибов // Микология и фитопатология. 1978. Т. 12. № 4. С. 292—295.
- Мишустин Е. Н. Термофильные микроорганизмы и их распределение в природе // Микробиология. 1947. 2, 2. С. 177—190.
- Михайловский Л. В. Виды вешенок из рода *Pleurotus ostreatus* (Fr.) в СССР // Новости систематики низших растений. 1974. № 11. С. 211—219.
- Морозова Г. Р., Высоцкий В. Г., Сафонова Н. В. Промышленное получение мицелия высших грибов. (Обзор НТИ. Сер. 4). М., 1978. 56 с.
- Низковская О. П., Милова Н. М. Первичный отбор культуральных фильтратов высших грибов, обладающих противоопухолевой активностью // Продукты биосинтеза высших грибов и их использование. М.; Л.: Наука, 1966. С. 5—8.
- Низковская О. П. Рост высших грибов в глубинной культуре // Микология и фитопатология. 1972. 6, 4. С. 306—312.
- Панов М. А. Выращивание шампиньонов. М.: Госторгиздат, 1956. 138 с.
- Перт С. Дж. Основы культивирования микроорганизмов и клеток. М.: ИЛ, 1978. 326 с.
- Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М.: Колос, 1976. 256 с.
- Покровский А. А. О биологической и пищевой ценности продуктов питания // Вопросы питания. 1975. № 3. С. 25—40.
- Псурцева И. В. Характеристика роста и развития некоторых штаммов *Flammulina velutipes* // Микология и фитопатология. 1983. 17, 2. С. 131—134.
- Платонова Е. Г. О содержании белка в плодовых телах дереворазрушающих грибов // Кормовые белки и физиологически активные вещества для животноводства. М.; Л.: Наука, 1965. С. 55—58.
- Работнова И. Л. Исследования физиологического состояния микроорганизмов при непрерывном хемотропном культивировании микроорганизмов (Итоги науки и техники. Сер. Микробиология). М., 1975. Т. 4. С. 5—51.
- Ранчева Цв. Универсальный компост за культивирование на печурка с минимальным участием навоза // Градинарство. 1969. 11, 8. С. 38—42.
- Ранчева Цв. Излипливание на азотные добавки при подготовке компоста за культивирование печурка // Градинарство. 1968. 10, 4. С. 43—46.
- Рипачек В. Биология дереворазрушающих грибов. М.: Лесная промышленность, 1967. 276 с.
- Роуз Э. Химическая микробиология. М.: Мир, 1971. 294 с.
- Рыбкина К. В. Изучение сравнительной эффективности заменителей конского навоза в субстратах для грибов шампиньонов: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Кишинев, 1967. 20 с.
- Скрябин Г. К., Головлева Л. А. и др. Глубинная твердофазная ферментация соломы и опилок // Микробиология. 1986. 55, 6. С. 976—982.

- Сказкин Ф. Д., Ловчиновская Е. И., Миллер М. С. Практикум по физиологии растений. М.: Сов. наука, 1958. 339 с.
- Смирнов В. В., Резник С. Р., Сорокулова И. Б. Методические рекомендации по идентификации бактерий рода *Bacillus*, выделенных из организма человека и животных. Киев: Наукова думка, 1982. 56 с.
- Соломко Э. Ф., Дудка И. А. Перспективы использования высших базидиомицетов в микробиологической промышленности (Обзорная информация). М., 1985. 47 с.
- Соломко Э. Ф., Панченко Л. П., Сильченкова Р. К. Содержание липидов и состав жирных кислот высшего съедобного гриба вешенки обыкновенной // Прикладная биохимия и микробиология. 1984. 20, 2. С. 273—279.
- Столлер Б. Б. Шампиньоны. Теория и практика выращивания. М.: ИЛ, 1956. 88 с.
- Торев А. К. Промышленна технология за производство на мицел от висши гръби. София: Бълг. акад. на науките, 1973. 57 с.
- Торев А., Запрянов И. Образование плодовых тел у *Rapus tigrinus* путем инокуляции мицелием, выращенным в погруженной культуре // Микология и фитопатология. 1973. 7, 1. С. 57—58.
- Фалина Н. Н., Маслова Р. А., Якимов Д. А. Некоторые итоги изучения базидиальных грибов как источника получения кормового белка и дефицитных аминокислот // Растительные ресурсы. 1965. 1, 1. С. 122—127.
- Фалина Н. Н., Андреева С. М. К вопросу о питательной ценности культивируемого мицелия высших грибов // Кормовые белки и физиологически активные вещества для животноводства. М.: Наука, 1965. С. 46—49.
- Фалина Н. Н., Ступак М. Ф. и др. Содержание метионина и триптофана в мицелии дереворазрушающих грибов // Кормовые белки и физиологически активные вещества для животноводства. М.; Л., 1965. С. 43—45.
- Фалина Н. Н., Маслова Р. А., Якимов П. А. Сравнительные данные по аминокислотному составу мицелия глубинной культуры дереворазрушающих грибов // Кормовые белки и физиологически активные вещества для животноводства. М.: Л. 1965. С. 39—42.
- Фомина В. И., Гаврилова Л. П. Исследования по культивированию грибов-ксилофилов // Ведение хозяйства в сосновых лесах Белоруссии. Минск: Полымя, 1982. С. 84—87.
- Фомина В. И. Выращивание вешенки обыкновенной на специализированных плантациях: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф.: Пути повышения эффективности использования пищевых, кормовых и лекарственных ресурсов леса в решении Продовольственной программы СССР. Пенза, 1983. С. 240—242.
- Федоров Н. И., Якимов Н. И., Иванов В. Д. Плодоношение вешенки обыкновенной и опенка летнего в условиях закрытого грунта: Тез. докл. Всесоюз. IX симпоз. микологов и лихенологов Прибалтийских Советских республик и БССР. Минск, 1982. С. 185—186.
- Фомина В. И., Гаврилова Л. П. Способы рационального использования отходов древесины для выращивания *P. ostreatus* (Fr.) Kumm: Тез. докл. Всесоюз. совещ.: Проблемы продовольственного и кормового использования недревесных и второстепенных лесных ресурсов. Красноярск, 1983. С. 193.

- Фомина В. И., Гаврилова Л. П. Выращивание съедобных грибов в регулируемых условиях // Лесное хозяйство. 1983. № 1. С. 70—72.
- Фомина В. И., Гаврилова Л. П. Промышленное культивирование грибов в СССР и за рубежом (Обзорная информация). Л.; Пушкин; М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1985. С. 40.
- Фостер Д. Химическая деятельность грибов. М.: ИЛ, 1950. 651 с.
- Шиврина А. Н., Корякина Л. Н. Содержание тиамин и рибофлавина в высших съедобных грибах // Продукты биосинтеза высших грибов и их использование. М.; Л.: Наука, 1966. С. 45—48.
- Шиврина А. Н., Низковская О. Н., Фалина Н. Н. и др. Биосинтетическая деятельность высших грибов. Л.: Наука, 1969. 243 с.
- Частухин В. Я. Биологический распад и ресинтез органических веществ в природе. Л.: Наука, 1969. 323 с.
- Эрнст Л. К. и др. Кормовые продукты из отходов леса. М.: Лесная пром-сть, 1982.
- Яковенко А. З., Жемойц А. А. Достижения в технологии промышленного производства шампиньонов и ксилофилов (Обзорная информация). М., 1978. 66 с.
- Anderson E. E., Fellers C. R. The food value of mushrooms (*A. campestris*) // Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 1942. 41. P. 301—304.
- Arroll N. P. Confirmation of the ability of *Pseudomonas putida* to cause fruiting of the cultivated mushroom // M. G. A. Bull. 1972. N 269. P. 200—201.
- Atkins F. C. Pay more attention to pH readings // Grower, 1965. Vol. 63, N 12. P. 633.
- Atkins F. C. Guide to mushroom growing. London: Faber and Faber, 1974. 122 p.
- Altamura M. R., Robbins F. M., Andreotti R. E. et al. Mushroom non-hydrin-positive compounds. Amino acids, related compounds, and other nitrogen substances found in cultivated mushroom *Agaricus campestris* // J. agr. and Food. Chem. 1987. Vol. 15, N 5. P. 1040—1043.
- Balázs S., Gyurko P., Koronczy I. et al. Combatermesz tés. Budapest: Mezőgardasági Kiado. 1973. 239 old.
- Balázs S. Effect of composition and heat-treatment of culture medium on formation of fruit bodies *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex. Fr.) and *Pleurotus Florida* // Publ. Univ. Horticult. Budapest. 1979. 10. P. 191—198.
- Bano L., Srivastava H. C. Studies on cultivation of *Pleurotus* sp. on paddy straw // J. Food Sci. 1962. Vol. 12, N 3. P. 363—365.
- Bisko N. A., Stanek M. Mikroorganizmy kolonizujichi rozne substráty pro pestovani hlivy (*Pleurotus ostreatus*) na nizkých i vysokých vrstvách // Vestn. pest. 1981. 17, N 2. S. 17—23.
- Bohus G., Koronczy J., Vzonyi S. A termesztett csiperke *Psalliota bispora* (Lange) Treschow. Budapest: Mezőgardasagi Kiado. 1961. 162 old.
- Gharpentier J. L. Le champignon de couche. Paris: Bailliére et Fils, 1971. 159 p.
- Chang S. T., Lau O. W., Cho K. J. The cultivation and nutritional value *Pleurotus sajorsaju* // Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 1981. 12. P. 58—62.
- Chanter D. P., Spencer D. M. Musk' magie, money and mathematics // Mushroom Journal. 1974. N 14. P. 56—62.
- Daugulis A. I., Bone D. H. Submerged cultivation of edible ixbiterot fungi on tree bark // Eur. J. Appl. Microbiol. 1977. Vol. 4, N 3. P. 159—166.

- Daugulis A. S., Bone D. H.* Production of microbiol. protein from tree bark by *Phanerochaete chrysosporium* // *Biotechn. and Bioeng.* 1978. Vol. 20, N 10. P. 1639—1649.
- Davis A. C.* Further notes on cyanide fumigation of mushroom house // *J. Econ. Ent.* 1938. 31.
- Declaire J. R.* Economics of cultivated mushrooms // *The biology and cultivation of edible mushrooms.* New York etc.: Acad. press, 1978.
- Delmas I., Laborde I.* Culture du champignon de couche sur des substrats préparés à partir de compost de résidus urbains et de composts d'écorces de pins // *Mush. Sci.* 1972. 8. P. 331—341.
- Delmas I., Laborde I., Imbernon M. et al.* Premiers résultats d'essais de culture de *Pleurotus ostreatus* sur substrats à base d'écorces de feuilles et de racines // *C. r. Acad. agr. France.* Paris, 1974. 64, N 2. P. 113—118.
- Delmas J., Manoun M.* Influence de certains oligo-éléments sur la croissance et la fructification *Pleurotus cornucopiae* // *Mush. Sci.* XI: *Proc. Eleventh Intern. Sci. Congr. Cultivat. Edible Fungi.* Sydney, 1981. S. 497—510.
- Delmas J., Manoun M.* Premiers résultats de culture du Pleurote en corne d'abondance (*P. cornucopiae* Fr. ex P.) sur différents Substrats // *Comp. Acad. Agr. France.* 1982. 68, N 1. S. 67—73.
- Duggar B. M.* The cultivation of mushrooms // *U. S. Dep. Agr. Bur. Plant Ind.* 1905. 85, N 3. P. 1—60.
- Eddy B. P.* Production of mushroom mycelium by submerged culture // *J. Sci. Food and Agr.* 1958. 9, N 10. P. 664—649.
- Edwards R. L.* Cropping experiments, *M. R. S. Rep.*, 8—15, 45—48. 1949.
- Edwards R. L.* Synthetic compost // *Mushroom Sci.* 1950. I. P. 62—63.
- Eger C.* Über die Fruchtkörperbildung bei Hutpilzer // *Ber. Dtsch. bot. Ges.* 1965. 78, N 1. S. 33—34.
- Falanghe H.* Production of mushroom mycelium as a protein and fat source in submerged culture in medium of vinnase // *Appl. Microbiol.* 1962. 10, N 6. P. 572—576.
- Falconer W.* Mushroom how to grow them? New York, 1928.
- Farr D. F.* Mushroom industry devertification with additional species in the United State // *Mycologia.* 1983. 72, N 2. P. 351—360.
- Flegg P. B.* Chemistry department // *M. R. S. Rep.*, 1951.
- Flegg P. B.* The water requirement of the mushroom crop // *Sci. hort.* 1974. Vol. 2, N 3. P. 237—247.
- Flegg P. B.* Soucasny stav výskumu ve Velké Britanii // *Vestn. pest.* 1979. 15, N 1. S. 88—91.
- Flegg P. B., Mew G.* Mushroom and their possible contribution to world protein needs // *Mushroom J.* 1976. N 48. P. 396—405.
- Foster J. W.* Chemical activities of funge. London: Acad. pres, 1949. 563 p.
- Fritsche G.* Experimental proof for cross-breeding of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus* Sing. // *Mush. Sci.* 1962. 5. P. 159—164.
- Gerrits I. P. G.* Enkele praktische aspecten van de bereiding van champignon compost. *Bedrijfson-twikkeling.* Ed. Tuinbouw, 1971. 2. I. 33—37.
- Gramms G.* Konkurrenzpilze und Parasiten in den Kulturen holzbewohnen der Speisepilze // *Z. Pilzkd.* 1975. 41, N 6. S. 19—30.
- Gyurkó P.* Die Rolle der Belichtung bei dem Anbau des Austernsietlings (*Pleurotus Ostreatus*) // *Mush. Sci.* VIII: *Proc. Eighth Intern. Sci. Congr. Cultivat Edible Fungi.* London, 1972. S. 461—469.
- Ginterova A., Ianoťková O., Zemek I. et al.* Cellulase activity of higher fungi // *Folia microbiol.* 1981. 25, N 4. P. 318—322.

- D'Hardemare G.* La fermentation en masse des substrats utilisés pour la culture des champignons de couche // *Mush. Sci.* 9 (en cours d'une impression). 1975.
- Hattula M. L.* Sienet valkuaisaneiden Lahtena // *Kotitalous.* 1969. 33, N 1. P. 16—19.
- Hayes W. A., Randle P. E.* The use of water soluble composta // *M. G. A. Bull.* 1968. 218. P. 81—97.
- Hayes W. A., Randle P. E.* Mushroom composts. Rep. Glasshouse Grops. Res. Inst. 1971. P. 88—91.
- Hayes W. A., Wright S. H.* Edible mushrooms // *Economic microbiology.* London: Acad. press, 1979. Vol. 4. P. 141—176.
- Hein I.* Straw compost for mushroom culture // *Mycologia.* 1930. N 22.
- Heltay I.* Industrieller Pleurotus Anbau // *Mush. Sci.* X: Proc. Tenth Intern. Sci. Congr. Cultivat. Edible Fungi. Paris, 1978. S. 463—481.
- Heltay I.* Pleurotus florida production in Borota, Hungary // *Mushroom J.* 1979. N 78. P. 227—230.
- Herfurth O.* Verfahren zum Zuchten von Champignons, Germ. Pat. 60883, 1891.
- Herzid J., Duorak M., Veznik Z.* Treatment of litter strawby application of the fungus *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) // *Biot. Chem. Vyz. Hospod. Zvirat.* 1968. 3, N 3. P. 249—253.
- Hilber O.* Die gattung *Pleurotus*. München: Vaduz, 1982. 488 s.
- Hughes S. J.* Conidiophores conidia and classification // *Can. J. Bot.* 1953. 31. N 3. P. 577—659.
- Hunhke W., Sengbusch L.* News verfahren der industriellen und nicht industriellen Brutnerstellung für die production von Speisepilzen auf der Basis von Fermentertem Substrat // *Champignon.* 1973. Ig. 13, N 143. S. 11—16.
- Humfeld H.* Production of mushroom mycelium: Year Book U. S. Dep. Agr. New York, 1950—1951. 242 p.
- Hunte W.* Champinonanbau im Haupt and Nebenerwerb. Berlin. Hamburg, Parey, 1973. 120 S.
- Jennison M.* The growth of wood-rotting fungi in aerated liquid culture // *Proc. Soc. Amer. Bacteriol.* 1948. I. P. 48—51.
- Jennison M. W., Newcomb N. B., Henderson R.* Physiology of the wood-rotting Basidiomycetes. I. Growth and nutrition in submerged culture in synthetic media // *Mycologia.* 1955. 47, N 3. P. 275—304.
- Kalberrer P., Vogel E.* Untersuchungen zur Kultur von *Pleurotus*. 1. Verschiedene Substrat — Fermentationen, Kulturtemperaturen und Brut-Sorten // *Gemusecan.* 1974a. 37, N 4. S. 37—39.
- Kalberrer P., Vogel E.* Untersuchungen zur Kultur von *Pleurotus*. 3. Einfluss des Grassmehl-Anteils und Substrat, sowie der Brutmenge auf den Ertrag dei *Pleurotus ostreatus* Tep. florida // *Schweiz. Z. Speisepilz — An-bau.* 1974b. 1, N 1. S. 7—11.
- Kalberrer P., Kunsch V.* Amino acid composition of the mushroom oyster (*Pl. ostreatus*) // *J. Food Sci. Technol.* 1974. 10, N 7. P. 242—244.
- Калчев Л. А., Плачкова И. Н., Петров П. И. и др.* Дъябочино култивироване на мицел от *Pleurotus ostreatus* кладнице /върху целюлозни субстрати. София, 1982. Т. 70—71, № 4. С. 58—64.
- Khana P., Garsha A. S.* Introducing the cultivation of *Pleurotus florida* in the plains of India. // *Ibid.* 1981. P. 655—665.
- Kindt V.* Die Pasteurisierung der Nährsubstrate für den Champunonanbau. I. Dtsch. Gartenbau. 1963. 10, N 8. S. 209—212.

- Kindt V.* Untersuchungen zur Entwicklung eines Ersatzsubstrates für den Champignonanbau // Arch. Gartenbau. 1964. 12, N 3. S. 199—221.
- Kirh T. K., Moore W. E.* Removing lignin from wood with miterot fungi and digestibility of resulting wood // Wood Fiber. 1972. 20, N 4. P. 72—79.
- Kriz J., Mrázková L., Stanek M.* Využití křovinyk pestovani hlívy ústřední (Pleurotus ostreatus) // Vesth. pest. 1980. 16, N 2. S. 111—114.
- Kurtzman R. H.* Nutrition of Pleurotus sapidus effects of lipids. Mycologia. 1976. Vol. 68, N 2. P. 286—295.
- Kundrat W.* Zur Differenzierung aerober Sporenbildner (genus Bacillus Conn) // Zbl. Veterinärmed. 1963. 10, N 5. S. 418—425.
- Laborde J.* Evolution prévisible des techniques de préparation de substrats pour la culture de champignon de couche // Bull. F. N. S. A. C. C. 1973. P. 564—568.
- Laborde J., Delmas J.* Le Pleurote: Un nouveau champignon comestible cultivé // Bull. Féd. Nat. Syndicate Agric. Cult. Champignons. 1974. 32, N 1. S. 631—652.
- Lambert E. B.* Normal mushrooms from straw compost // Sci. 1929. N 70.
- Lambert E. B.* Indoor composting for mushroom culture // U. S. D. A. 1941.
- Lambert E. B., Ayers T. T.* Thermal death times for some pests of cultivated mushroom // Plant. disease. 1957. 41. P. 348—353.
- Lemke L.* Kontroll masapahment beim champignon Kulturverfahren nach Till // Mach. Sci. 1967. 6. P. 393—402.
- Lemke G.* Myzelwachstumsteste mit vier Champignonstämmen // Champignon. 1972. 12, N 128. S. 1—5.
- Lerrits I. P. G.* Development of a synthetic compost for mushroom growing based wheat straw and manure // Mushroom, Experimental Station Horsi (L), the Netherlands. 1974. Vol. 22, N 3. P. 175—194.
- Lindeberg G.* Über die physiologie ligninabbauender Bodenhymenomyceten. Symb. Bot. Upps. 1944. 8.
- Litchfield J. H.* Submerged culture of mushroom mycelium // Microbiol. technology. Ed. H. Pepler. New York: Reinhold, 1967. P. 107—144.
- Lindenfelser L. A., Detroy R. W., Ramstack J. M., Worden K. A.* Biological modification of the lignin and cellulose components of wheat straw by Pleurotus ostreatus // Develop. Ing. Microbiol. 1979. 20, N 4. P. 541—551.
- L. S. V.* Protein-from-cellulose Process. Chemical and Engineering News. 1974. 52, 7. 20.
- Macheb F., Fenel L. et al.* Production of Native Protein from Yeasts Biotechnol. and Bioengin. 1974. 4, 2. 977.
- Maggioni A., Renosto F.* Variazioni della composizione del fungo coltivato (Agaricus bisporus) nei processi d'inscatolamento e di conservazione in salamoia // Ind. Conserve. 1970. 45. P. 311—314.
- Marsh P. J.* Microscopic Observation on Cotton Subjected to Enzymatic Degradation // Textile Res. J. 1957. 27. 913.
- Marr C. D.* Laccase and tyrosinase oxidation of spot-test reagents. Mycotaxon. 1979. Vol. 9, N 1. P. 244—276.
- Manachere G.* Conditions essential for controlled fruiting of macromycetes — a review // Trans. Brit. Mycol. Soc. 1980. Vol. 75, N 2. P. 255—270.
- Norkrans B.* Studies in growth and cellulolytic enzymes of Tricholoma // Symb. Bot. Upps. 1950. Vol. 11, N 1. P. 1—126.
- Omory S.* Studies on the utilisation of the sludge in paper maning // Abst. of Mycology. 1877. Vol. 12, N 2. P. 20884.

- Perlman D.* Studies on the growth and metabolism of *Polyporus anceps* in submerged culture // *Amer. J. Bot.* 1949. 36, N 2. P. 180—184.
- Platt M., Chit J., Henis J.* Growth of *Pleurotus ostreatus* on cotton straw // *Mushroom J.* 1982. N 120. P. 425—427.
- Poitou N., Delmas J., Delpech P.* Evolution des taux des acides minéraux dans les composts // *Mush. Sci.* 1968. 7. P. 81—95.
- Poo-Chow L.* Utilization of cotton waste substrate with temperature treatment for the cultivation of *Pleurotus florida* in Singapore // *Singap. J. Primary ind.* 1980. Vol. 8, N 1. P. 21—27.
- Rajaratnam S., Wankhede D. B., Pathwardhan M. V.* Some chemical and biochemical changes in straw constituents during growth of *Pleurotus flabellatus* (Berk. a. Br.) Sacc. // *Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 1979. 8. P. 125—134.
- Rasmussen C. R.* Mushroom Strains // *M. G. A. Bull.* 1959. III. P. 66—78.
- Rasmussen C. R.* Champignonanbau und Filteranlagen // *Champignon.* 1972. Bd 12, N 125. S. 16—29.
- Reusser F., Spencer I. F. T., Sallans H. R.* Protein and fat content of some mushroom grown in submerged culture // *Appl. Microbiol.* 1958. Vol. 6, N 1. P. 1—4.
- Sarazin A.* Cultures monospermes d'*Agaricus campestris* // *C. r. Acad. Sci. B.* 1939. 208. P. 15—20.
- Sarazin A.* The cultivated mushroom: Evolutionary cycle // *MGA.* 1955. N 64. P. 553—570.
- San Antoni, Shun Wei-Hwang.* Liquid nitrogen preservation of spore stocks of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus* (Lge) Sing. // *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 1970. Vol. 95, N 5. P. 565—569.
- Sasek V., Musilek V.* Cultivation and antibiotic activity of Mycorrhizal Basidiomycetes // *Folia microbiol.* 1967. 12, N 6. P. 515—523.
- Schaper P. M.* Andere essbare Pilze // *Champignon.* 1983. Bd 23, N 264. S. 20—25.
- Schanel L., Herzig J., Dvorák M., Vezník Z.* Způsob využití méně hodnotných druhů slamy ke krmnému účelům // *Zleps. Navrh.* 1966. 13, N 1/4. S. 15—20.
- Schisler L. C., Sinden L. W.* Nutrient supplementation of mushroom compost at casing vegetable oils // *Can. J. Bot.* 1966. Vol. 44, N 8. P. 1063—1069.
- Schmaus L.* Ein neuer Pilz (*Pleurotus ostreatus*)? // *Ibid.* 1972. Bd 12, N 134. S. 5—11.
- Schmidt B. A., Shain L.* Responses of eastern cottonwood (*Populus deltoides*) to decay by *Pleurotus ostreatus* // *Phytopathology* // 1981. Vol. 71, N 8. P. 903—910.
- Shiio T., Okunishi M., Okumura S.* Fundamental studies on the large-scale cultivation of edible fungi // *Mushroom Sci.* 1974. Vol. 9. P. 799—809.
- Shien C. H., Barnett S. M., Hiva A. V.* Production of enzymes and single cell protein from rice hulls. 2nd Food and 8th Eur. Food. Symp. London, 1980. P. 289—294.
- Semerdziervu M.* Morphological observation of some *Pleurotus mycelium* // *Sydowia Annal Mycol.* 1966. Vol. 19, N 10. P. 250—258.
- Simchen G.* Variation in a dikaryotic population of *Collybia velutipes* // *Genetics.* 1965. Vol. 51, N 6. P. 709—721.
- Simchen G.* Fruiting and growth rate among dikaryotic progeny of single wild isolates of *Schizophyllum commune*. *Ibid.* 1966. Vol. 53, N 8. P. 1151—1165.
- Sinden L. W.* Synthetic compost for mushroom growing // *Bull. Pa. Agr. Exp. Stat.* 1946. N 482. P. 1—26.

- Sinden I. W., Hauser E.* The short method of composting // *Mush. Sci.* 1950. 1. P. 52—59.
- Singer R.* The Agaricales in modern taxonomy. Vaduz: Gramer, 1975. 912 p.
- Smith S. H.* Champignonvirose allgegenwartig und immer gefährlich // *Champignon.* 1974. N 159. S. 31—32.
- Snetsinger R.* Mushrooms and Penn State, Past, present, future // *Pa. State Univ.* 1970. N 767. P. 73—77.
- Stalpers J. H.* Identification of wood-inhabiting Aphillophorales in pure culture // *Stud. Mycol.* 1978. 16. P. 1, 248.
- Stanek M., Rysava J.* Application of thermophilic microorganisms in the fermentation of the nutrient substrate for the cultivation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex. Fr.) Kummer. *Pest. zamp.* 1971. 8, H1. S. 59—60.
- Stark I.* Submersni pestocani vyssyen hub ces mycol. 1955. 9, N 3. P. 97—103.
- Steineck H.* Nameko-Ernte in Leichlingen im Rheinland // *Der Champignon.* 1981. Bd 21, N 233. S. 10—11.
- Stoller B. B.* Use of ammonia in controlling the truffle disease of the mushrooms // *Phytopathology.* 1943. Vol. 33, N 13. P. 91—96.
- Stoller B. B.* Principles and practice of mushroom culture // *Economic Botany.* Vol. 8, N 1. 1954.
- Stoller B. B.* The role of gamma radiation in mushroom growing // *Sci. and Prac. Mushroom Grow.* 1970. 1. P. 141—150.
- Styer I. E.* Nutrition of the cultivated mushroom // *Amer. J. Bot.*, 1930. Vol. 17, N 10. P. 938—994.
- Sugihara T. F., Humfeld H.* Submerged culture of the mycelium of various species of mushrooms // *Appl. Microbiol.* 1954. Vol. 2, N 1. P. 170—172.
- Sugimori T., Oyama Y., Omichi T.* Studies on Basidiomycetes. I. Production of mycelium and fruit body from noncarbohydrate organic substances // *J. Ferment. Technol.* 1971. Vol. 49, N 5. P. 435—446.
- Tan K. K.* Cultivation of the oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* on cotton waste // *Mushr. Sci.* XI: *Proc. Eleventh Intern. Sci. Congr. Cultivat. Edible Fungi.* Sydney, 1981. P. 697—703.
- Tannenbaum S. R.* Single-cell Protein Food of Future // *Food Technology.* 1971. 25, 9. 98.
- Till O.* Champignonkultur auf sterilisiertem Nährsubstrat und die Wiederverwendung von abgetraganem Kompost // *Mush. Sci.* 1962. 5. S. 251—257.
- Till O.* Champignonkultur auf sterilisiertem Nährsubstrat und die Wiederverwendung von abgetraganem Kompost // *Mush. Sci.* 1961. 5. S. 127—133.
- Tokimoto Keisuke, Kawai Akira, Komatsu Mitsuo* // *Rept. Tottori Mycol. Inst.* 1977. 15. P. 65—69.
- Tomomura H.* *Flammulina velutipes* // *The biology and cultivation of edible mushrooms.* New York, 1978. P. 410—423.
- Torley D., Vadon-Gyorey E.* Lipid patterns of edible fungi-karstenia. 1978. 18 (suppl.). P. 27—28.
- Treschow C.* Nutrition of cultivated mushroom // *Dan. bot. ark.* 1944. Vol. 11, N 7. S. 1—180.
- Tschierpe H. T., Sinden I. W.* Study on the composition of horse manure compost from beginning of phase II through mushroom cropping as related to CO₂ evolution // *Mush. Sci.* 1962. S. 61—80.
- Vedder P. J. C.* *Moderne Champignonteelt* // *Culemborgm: Tjeek, Wil-link,* 1971. 196 p.

- Waksman S. Chemical composition of peat and the role of microorganisms in its formation // Am. J. Sci., XIX. 5th ser. 1930. 109.
- Waksman S. A., Nissen. Lignin as a nutrient for the mushroom *Agaricus campestris*. Science. 1931. 74. P. 271—272.
- Waksman S., Renger W. Artificial manure for mushroom production // Mycologia. 1934. 26.
- Watt B. K., Merrill A. L. Composition of food // U. S. Dep. Agric. Handb. 1963. 8. P. 3—8.
- Wood T. M., McCrae S. I. The Purification and Properties of the G-component of *Trichoderma koningi* Cellulose // Biochem. J. 1972. 128. 1183.
- Wood D. A. Enzymes of the mushroom // G. S. R. L. Annual report (en cour d'impression). 1973.
- Worgan J. T. Culture of the higher fungi // Progress in Industrial Microbiology. 1968. Vol. 8. P. 73—139.
- Yablonsky I. Einflüß der Belichtungsintensität und anderer Faktoren des Milieus auf die Entwicklung der Röhkörper der Austerseitlings. *P. ostreatus* (Jacq. ex. Fr.) Kumm — Ceska mycol. 1975. Bd 29, N 3. S. 140—152.
- Zadrazil F. Anbau, Ertrag und Haltbarkeit von *Pleurotus florida* Fovose. Champignon. 1973. Bd 13, N 141. S. 17—24.
- Zadrazil F. Influence of CO₂ concentration of the mycelium growth of three *Pleurotus* species // Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 1975. I. P. 327—335.
- Zadrazil F. The conversion of straw into feed by Basidiomycetes // Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 1977. 4. P. 273—281.
- Zadrazil F. Conversion of different plant waste into feed by Basidiomycetes // Ibid. 1980. 9. P. 243—248.
- Zadrazil F. Grundlagen des Pleuretusanbaues // Der Champignon. 1982. Bd 22, N 251. S. 18—38.
- Zadrazil F., Brunnert H. Investigation of physical parameters important for the solid state fermentation of straw by white rot fungi // Ibid. 1981. II. P. 183—188.
- Zadrazil F., Schneidereit M. Die Grundlagen für die Inkulturnahme einer bisher nicht kultivierten *Pleurotus* Art. // Ibid. 1972. Bd 12, N 135. S. 25—32.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Условия и образ жизни базидиальных грибов . . .	6
Питание грибов	7
Температура	12
Вода	13
Свет	13
Реакция среды	14
Глава 2. Питательная ценность и вкусовые качества грибов .	16
Глава 3. Этапы развития шампиньоноводства	24
Субстраты для грибов рода <i>Agaricasea</i>	25
Подготовка шампиньонных субстратов	32
Качество шампиньонных субстратов в зависимости от спо- соба подготовки	37
Накопление комплекса питательных веществ в субстратах при разных способах их подготовки	41
Технологический прием, улучшающий качество шампиньон- ных субстратов	46
Способы культивирования шампиньонов	48
Однозональная система выращивания	49
Многозональная система выращивания	50
Интенсивная система выращивания	51
Глава 4. Способы культивирования видов рода вешенка . . .	54
Субстраты для видов рода <i>Pleurotus</i> при интенсивном куль- тивировании	55
Подготовка субстратов	61
Изменения состава субстратов при интенсивном культивиро- вании видов рода вешенка	63
Глава 5. Грибы рода <i>Pleurotus</i> в глубинной культуре	68
Глава 6. Опенк зимний в искусственных условиях	75
Особенности культивирования опенка зимнего	75
Биологические особенности <i>Flammulina velutipes</i> в связи с выращиванием посевного мицелия	79
Гриб питается субстратом	81
Стратегия выращивания опенка зимнего	83
Глава 7. Интродукция в культуру других высших базидиаль- ных грибов	84
Опенк летний <i>Kuehneromyces mutabilis</i> (Fr.). Sing. et A. H. Sm (<i>Agaricus mutabilis</i> (Fr.), <i>Pholiota mutabilis</i> (Fr.) Kumm., <i>Dryophila mutabilis</i> (Fr.) Quel.	84
Технология выращивания опенка летнего	85
Культивирование опенка на брусках	87
Кольцевик <i>Stropharia rugnoasulata</i>	89
Способы выращивания кольцевика	89
Технология культивирования кольцевика	90
Глава 8. Биоконверсия вторичных растительных отходов бази- диальными грибами в белковые кормовые добавки	95
Заключение	100
Список основной литературы	101

МОНОГРАФИЯ

Дворнина Алла Алексеевна

**БАЗИДИАЛЬНЫЕ СЪЕДОБНЫЕ ГРИБЫ
В ИСКУССТВЕННОЙ КУЛЬТУРЕ**

Редактор *Л. Никифорова*
Младший редактор *Л. Потова*
Художник *В. Погольша*
Художественный редактор *Г. Петров*
Технический редактор *Н. Дудучук*
Корректоры *Г. Шаркунова, Л. Петрика*

ИБ № 4344

Сдано в набор 13.12.89. Подписано к печати 26.02.90.
Формат 84×108^{1/32}. Бумага типографская № 1.
Литературная гарнитура
Печать высокая. Усл. печ. л. 5,88. Усл. кр.-отт. 6,1.
Уч.-изд. л. 6,26. Тираж 1000. Заказ 456. Цена 1 р. 30 к.
Издательство «Штиинца».
277028, Кишинев, ул. Академика Я. С. Гросула, 3
Типография издательства «Штиинца».
277004, Кишинев, ул. Берзарина, 8